

**Instituto Politécnico de Beja**

**Escola Superior de Tecnologia e Gestão**

**Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho**

**Monitorização e avaliação da qualidade do ar interior em  
espaços de risco aumentado**

**Monitorização e avaliação da qualidade do ar interior nos laboratórios  
do Departamento de Tecnologias e Ciências Aplicadas da Escola  
Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja**

**Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Segurança e Higiene no Trabalho**

**David José Chaveiro da Silva Azedo**

**Beja**

**2019**

**Instituto Politécnico de Beja**

**Escola Superior de Tecnologia e Gestão**

**Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho**

**Monitorização e avaliação da qualidade do ar interior em  
espaços de risco aumentado**

**Monitorização e avaliação da qualidade do ar interior nos laboratórios  
do Departamento de Tecnologias e Ciências Aplicadas da Escola  
Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja**

**Apresentação e discussão da dissertação na Escola Superior de Tecnologias e  
Gestão do Instituto Politécnico de Beja, para obtenção do grau de Mestre em  
Segurança e Higiene no Trabalho**

**Elaborado por:**

**David José Chaveiro da Silva Azedo**

**Orientação:**

**Professora Doutora Maria Teresa dos Carvalhos**

**Beja**

**2019**

“Mas se um dia a morte vem,  
ela deixa sempre alguém,  
com saudades a chorar”

(João Brasa – Fadista)

**Ao meu falecido Pai**

## Agradecimentos

O meu trabalho durante este estudo, não resultou apenas do meu esforço e da minha dedicação individual. Um conjunto de pessoas contribuiu para que este trabalho decorresse da forma como decorreu, permitindo-me adquirir novos conhecimentos teóricos e práticos, melhorar os já adquiridos e alcançar este objectivo pessoal. Desta forma, manifesto a minha gratidão a todos os que, directa ou indirectamente, estiveram presentes e me ajudaram.

Começo por agradecer, em memória, ao meu já falecido pai, **Manuel António Acácio Azedo**, pelo pai, herói, amigo e homem que sempre foi e à minha mãe **Rosa Maria Chaveiro da Silva**, pela mãe, amiga e companheira e pelo seu apoio sempre dado.

À Professora Doutora **Maria Teresa dos Carvalhos**, por ter aceitado ser minha orientadora neste estudo e por todo o apoio prestado.

À directora do Departamento de Tecnologias e Ciências Aplicadas da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja, Professora Doutora **Olga Amaral**, pelo interesse demonstrado por este estudo e pelo à-vontade transmitido para realização do mesmo.

A todos os **docentes, técnicos superiores, assistentes operacionais e bolseiros de investigação** do Departamento de Tecnologias e Ciências Aplicadas da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja, pela simpatia, profissionalismo e cortesia transmitida aquando da recolha de dados nos laboratórios onde exercem funções.

Por último, mas não menos importante, aos **docentes e colegas de turma do curso de mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho**, pelos conhecimentos transmitidos ao longo deste ciclo de estudos, porque o aprender é mais do que ir às aulas... É uma troca de conhecimentos mutua entre todos.

**Declaro por minha honra, que todos os dados presentes nesta dissertação de mestrado são da minha inteira responsabilidade, não podendo ser usados, parcial ou integralmente, sem o meu conhecimento e consentimento prévio.**

**David José Azedo**



---

**Por opção pessoal do autor, a redacção desta dissertação de mestrado não segue o novo acordo ortográfico.**

## Resumo

Para a protecção dos trabalhadores dos laboratórios de Investigação e Desenvolvimento, contra os riscos de exposição a agentes químicos, torna-se imprescindível avaliar a qualidade do ar interior. A avaliação da exposição profissional a agentes químicos inclui a determinação da concentração dos agentes no ar interior e a comparação com os limites de exposição legalmente estabelecidos e considerados aceitáveis para os trabalhadores.

A qualidade do ar interior, avaliada ao longo de um mês por medição directa da humidade relativa, temperatura do ar e das concentrações de Compostos Orgânicos Voláteis, Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono e Matéria Particulada (PM<sub>10</sub>), utilizando o Equipamento EVM 3M 7 Environmental Monitor Quest Technology, em 14 laboratórios do Departamento de Tecnologias e Ciências Aplicadas do Instituto Politécnico de Beja, sendo 3 de microbiologia e 11 físico-químicos, onde diariamente são utilizados e libertados, em consequência da actividade laboral, um conjunto de agentes químicos, isolados ou em misturas, naturais ou produzidos (inclusive sob a forma de resíduo), que se dispersam no ar interior, podendo causar problemas de saúde aos trabalhadores.

Posteriormente a um tratamento estatístico no programa *IBM SPSS V24.0* verificou-se que os laboratórios do Departamento de Tecnologias e Ciências Aplicadas da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja, não cumprem na sua totalidade, os limiares de protecção e as recomendações descritas na legislação actualmente em vigor, no que se refere à qualidade do ar interior, uma vez que em todas as medições realizadas foram detectadas concentrações de matéria particulada PM<sub>10</sub> superiores aos limites de exposição legalmente estabelecidos.

**Palavras-chave:** Laboratórios, Tecnologias e Ciências Aplicadas, Qualidade do Ar Interior, Saúde ocupacional

## **Abstract**

To protect workers in R&D laboratories against the risks of exposure to chemical agents, it is essential to assess indoor air quality. The assessment of occupational exposure to chemical agents includes the determination of the concentration of agents in the indoor air and comparison with the legally established exposure limits considered acceptable to workers.

Indoor air quality, assessed over a month by direct measurement of relative humidity, air temperature, and Volatile Organic Compound, Carbon Monoxide, Carbon Dioxide, and Particulate Matter (PM10) concentrations, using the EVM 3M Equipment 7 Environmental Monitor Quest Technology, in 14 laboratories of the Department of Technologies and Applied Sciences of the Polytechnic Institute of Beja, being 3 of microbiology and 11 physicochemicals, where a set of chemical agents are used and released daily as a result of their work activity. isolated or in mixtures, natural or produced (including waste), which are dispersed in indoor air and may cause health problems to workers. After statistical treatment in the IBM SPSS V24.0 program, it was found that the laboratories of the Department of Technologies and Applied Sciences of the Polytechnic Institute of Beja do not fully comply with the protection thresholds and recommendations described in current air quality legislation, as PM10 concentrations above the legally established exposure limits were detected in all measurements taken.

**Keywords:** Laboratories, Technologies and Applied Sciences, Indoor Air Quality, Occupational Health



## Índice geral

Agradecimentos .....	- 4 -
Resumo .....	- 7 -
Abstract.....	- 8 -
Índice de figuras .....	- 12 -
Índice de tabelas.....	- 13 -
Lista de abreviaturas e siglas .....	- 15 -
<b>1. Introdução .....</b>	<b>- 16 -</b>
1.1. Enquadramento da dissertação .....	- 17 -
1.2. Objectivos da dissertação.....	- 18 -
1.3. Estrutura da dissertação .....	- 18 -
<b>2. Contexto bibliográfico.....</b>	<b>- 19 -</b>
2.1. Qualidade do ar .....	- 19 -
2.2. Importância do controlo da qualidade do ar interior.....	- 21 -
2.3. Qualidade do ar interior e saúde ocupacional dos trabalhadores .....	- 23 -
2.4. Principais interferentes na qualidade do ar interior.....	- 27 -
2.4.1. Matéria particulada em suspensão (PM <sub>10</sub> ) .....	- 30 -
2.4.2. Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) .....	- 31 -
2.4.3. Monóxido de carbono (CO).....	- 32 -
2.4.4. Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) .....	- 34 -
2.4.5. Ambiente térmico .....	- 36 -

2.5.	Sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado .....	- 38 -
2.6.	A qualidade do ar interior em edifícios escolares.....	- 41 -
2.7.	Enquadramento legal.....	- 42 -
2.8.	Critérios de referência .....	- 46 -
<b>3.</b>	<b>Materiais e métodos de trabalho.....</b>	<b>- 47 -</b>
3.1.	Plano de trabalho.....	- 47 -
3.1.1.	Visita preliminar .....	- 48 -
3.1.2.	Recolha de informação .....	- 48 -
3.1.3.	Medição do nível de poluentes .....	- 49 -
3.1.4.	Medição de parâmetros complementares.....	- 51 -
3.1.5.	Tratamento de dados .....	- 51 -
3.1.6.	Avaliação dos dados .....	- 52 -
<b>4.</b>	<b>Apresentação e discussão de resultados .....</b>	<b>- 53 -</b>
4.1.	Dados obtidos durante a visita preliminar e a recolha de informação.....	- 53 -
4.1.1.	Áreas científicas dos laboratórios estudados .....	- 53 -
4.1.2.	Áreas dos laboratórios estudados .....	- 54 -
4.1.3.	Condições gerais dos laboratórios e renovação natural de ar .....	- 54 -
4.1.4.	Número de funcionários afectos e períodos de ocupação .....	- 55 -
4.1.5.	Sistemas de arrefecimento, ventilação e ar condicionado – AVAC .....	- 56 -
4.1.6.	Sistemas de exaustão/extracção – <i>Hottes</i> .....	- 57 -
4.1.7.	Queixas reportadas pelos funcionários .....	- 59 -

4.2. Medição do nível de poluentes .....	- 60 -
4.2.1. Laboratórios em utilização .....	- 61 -
4.2.2. Laboratórios em repouso .....	- 62 -
4.2.3. Relação entre a concentração de poluentes e a utilização e a não utilização dos laboratórios .....	- 63 -
4.2.4. Relação entre a concentração de poluentes e o tipo de actividade desenvolvida nos laboratórios .....	- 64 -
4.3. Medição de parâmetros complementares.....	- 65 -
4.3.1. Laboratórios em utilização .....	- 66 -
4.3.2. Laboratórios em repouso .....	- 68 -
4.3.3. Relação entre o ambiente térmico e a utilização e não utilização dos laboratórios.....	- 69 -
4.3.4. Relação entre o ambiente térmico e o tipo de actividade desenvolvido nos laboratórios.....	- 70 -
<b>5. Conclusões e considerações finais .....</b>	<b>- 72 -</b>
<b>6. Propostas de investigação futuras .....</b>	<b>- 75 -</b>
<b>7. Bibliografia .....</b>	<b>- 76 -</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>- 81 -</b>

## Índice de figuras

Figura 1 - Sistemas de ar condicionado.....	- 40 -
Figura 2 - Plano de trabalho proposto para o estudo.....	- 47 -
Figura 3 - EVM 3M 7 Environmental Monitor Quest Technology .....	- 49 -
Figura 4 - Diagrama dos pontos de medição definidos.....	- 50 -
Figura 5 – Sistema mecânico de renovação de ar – Extractor .....	- 55 -
Figura 6 – Sistema de exaustão/extracção de gases e vapores – <i>Hottes</i> .....	- 58 -
Figura 7 – Tabela de cálculo do ponto de orvalho .....	- 67 -
Figura 8 – Diagrama psicométrico .....	- 67 -

## Índice de tabelas

Tabela 1 - Principais agentes e factores que afectam a QAI e respectivas fontes.....	- 28 -
Tabela 2 – Produção de CO <sub>2</sub> em função da actividade metabólica.....	- 31 -
Tabela 3 - Influência da concentração de CO no ar.....	- 33 -
Tabela 4 - Classificação dos compostos orgânicos voláteis, de acordo com a Organização Mundial de Saúde.....	- 34 -
Tabela 5 - Principais compostos orgânicos voláteis e suas fontes .....	- 35 -
Tabela 6 – Critérios de referência para a qualidade do ar interior – .....	- 46 -
Tabela 7 - Técnicas de medição usadas pelo equipamento de medição .....	- 49 -
Tabela 8 – Contagem do número de laboratórios estudados por área científica e actividades desenvolvidas .....	- 53 -
Tabela 9 – Área mínima, média e máxima dos laboratórios, expressa em m <sup>2</sup> .....	- 54 -
Tabela 10 – Contagem do nº de funcionários afectos e do período de ocupação .....	- 56 -
Tabela 11 – Condições dos sistemas AVAC nos laboratórios estudados.....	- 57 -
Tabela 12 – Condições dos sistemas de exaustão/extracção ( <i>hottes</i> ) nos laboratórios estudados .....	- 58 -
Tabela 13 – Queixas reportadas pelos funcionários .....	- 59 -
Tabela 14 – Características gerais do estudo.....	- 60 -
Tabela 15 – Concentrações de MP <sub>10</sub> , CO, CO <sub>2</sub> e COVT nos laboratórios em condições de utilização.....	- 61 -
Tabela 16 – Concentrações de MP <sub>10</sub> , CO, CO <sub>2</sub> e COVT nos laboratórios em condições de repouso.....	- 62 -
Tabela 17 - Concentrações médias (MD+DP) de PM <sub>10</sub> , CO <sub>2</sub> , CO e COVT em condições de utilização e de repouso .....	- 63 -

Tabela 18 - Concentrações médias (MD+DP) de PM <sub>10</sub> , CO <sub>2</sub> , CO e COVT e laboratórios afectos a diferentes áreas científicas.....	- 64 -
Tabela 19 – Ambiente térmico registado nos laboratórios em condições de utilização. -	66 -
Tabela 20 – Ambiente térmico registado nos laboratórios em condições de repouso... -	68 -
Tabela 21 – Ambiente térmico médio (MD+DP) registado nos laboratórios em condições de utilização e repouso .....	- 69 -
Tabela 22 – Valores médios (MD+DP) de temperatura, humidade relativa e ponto de orvalho, nos laboratórios afectos a diferentes áreas científicas.....	- 71 -

## **Lista de abreviaturas e siglas**

AVAC – Arrefecimento, ventilação e ar condicionado

CH<sub>2</sub>O - Formaldeído

CO - Monóxido de Carbono

CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono

COVs - Compostos Orgânicos Voláteis

COVTs - Compostos Orgânicos Voláteis Totais

EN - European Standard

EVM - Enviromental Monitoring Instrument

HR - Humidade Relativa

IAQ - Indoor Air Quality

IAQA - Indoor Air Quality Association

IEQ - Indoor Environmental Quality

MD + DP – Média + Desvio padrão

NIOSH - National Institute of Occupational Safety and Health

OMS- Organização Mundial de Saúde

PM<sub>10</sub> - Partículas em suspensão de diâmetro inferior a 10 µg

QAI - Qualidade do ar interior;

RCCTE - Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SCE - Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

SED - Síndrome do Edifício Doente

UTA - Unidade de Tratamento de Ar

## **1. Introdução**

Durante bastante tempo, no dimensionamento e construção dos edifícios apenas se consideravam parâmetros relacionados com a engenharia, a economia e a estética, sendo o principal objetivo a criação de um espaço interior, protegido das condições ambientais exteriores. A evolução da forma de pensar e os progressivos avanços tecnológicos conduziram ao aparecimento de materiais mais rentáveis, originando novas estruturas. Entretanto surgem também relatos de sintomas manifestados pelos ocupantes associados ao tipo de construção, levando à preocupação com a qualidade do ambiente interior. Atualmente este domínio é abordado logo na fase de dimensionamento e construção de um edifício, pelos construtores e projetistas, de forma a proporcionar espaços confortáveis e agradáveis ao utilizador, sem descuidar de todas as outras exigências impostas (Santos, 2017).

A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2009) contabilizou a contribuição de vários factores de risco para o desenvolvimento de doenças e determinou que a poluição do ar interior é o 8º factor de risco mais importante, sendo responsável por 2,7% do conjunto de doenças no Mundo. De acordo com este organismo a garantia de um ar interior saudável é reconhecida como um direito básico. A qualidade do ar que se respira no interior dos edifícios é um factor determinante da saúde e bem-estar dos ocupantes.

As pessoas passam actualmente a maior parte do seu tempo no interior de edifícios e, conseqüentemente e inevitavelmente, a qualidade de vida encontra-se condicionada pelas limitações que os edifícios possam apresentar. Posto isto, é crucial caracterizar o ar interior, de modo a perceber qual a sua composição e, caso existam concentrações perigosas para a saúde humana, identificar possíveis causas directas ou indirectas, e se necessário, aplicar medidas de protecção necessárias para manter e salvaguardar a saúde de quem está exposto ao risco (Silva, 2016).



### **1.1. Enquadramento da dissertação**

O ar é um elemento vital para a sobrevivência do ser humano, sendo fundamental preservá-lo e garantir a sua qualidade. Nos últimos anos, a investigação em relação à qualidade do ar tem vindo a intensificar-se e vários estudos identificam uma série de problemas que contribuem para a deterioração do ar (Albuquerque *et al.*, 2016).

O interesse desta temática, parte da percepção de que o pessoal afecto aos laboratórios, nomeadamente os investigadores, os técnicos e os assistentes operacionais que preparam aulas, soluções, e desenvolvem trabalhos de investigação e desenvolvimento, não estão devidamente sensibilizados em relação aos riscos decorrentes da exposição aos agentes químicos, alguns dos quais dissimulados no ar interior e que poderão ser facilmente inalados. A isto, junta-se então a crescente preocupação com a segurança, higiene e saúde destes profissionais, que lidam diariamente, ao longo das suas jornadas de trabalho normais, com um enorme número de agentes químicos nocivos para a saúde. Segundo Jardim *et al.* (2015) os poluentes comumente analisados na caracterização da qualidade do ar interior são o dióxido de carbono, o monóxido de carbono, alguns hidrocarbonetos, com especial atenção para os compostos orgânicos voláteis, as partículas em suspensão e, ao nível microbiológico, as bactérias e os fungos.

Neste sentido, é uma necessidade verdadeiramente importante avaliar a qualidade do ar interior nos laboratórios de investigação e desenvolvimentos dos estabelecimentos de ensino superior, afectos a análises físico-químicas e microbiológicas, quantificando a concentração dos agentes físico-químicos dispersos no ar interior e comparando esses valores obtidos com os limites de exposição legalmente estabelecidos, que representam níveis de exposição aceitáveis para os trabalhadores, para os referidos agentes.

## **1.2. Objectivos da dissertação**

Com base na pertinência desta temática, os principais objectivos deste estudo são:

- Quantificar o nível de contaminação do ar interior dos laboratórios;
- Avaliar os dados obtidos, de acordo com a legislação vigente;
- Avaliar a segurança dos funcionários, no que respeita à exposição ao ar interior;

Não obstante, consideram-se objectivos secundários deste estudo:

- Identificar possíveis focos de insegurança;
- Avaliar a eficácia e eficiência dos sistemas de ventilação natural e forçada;
- Contribuir para a adopção de medidas preventivas e boas práticas de trabalho, com vista à segurança e higiene dos funcionários expostos a ambientes de risco.

## **1.3. Estrutura da dissertação**

Esta dissertação de mestrado encontra-se dividida em oito capítulos, nomeadamente:

1. Introdução
2. Pesquisa bibliográfica
3. Materiais e métodos
4. Apresentação e discussão de resultados
5. Conclusões
6. Propostas de investigação futuras
7. Bibliografia
8. Anexos

## **2. Contexto bibliográfico**

### **2.1. Qualidade do ar**

Respirar é o mais primordial dos actos que leva o ser humano a viver no mundo que o rodeia. O ar é um recurso indispensável e uma necessidade constante para todos, havendo um vínculo determinante na relação qualidade do ar e a exposição humana. A má qualidade do ar provocada pela poluição atmosférica afecta o ser humano em vários níveis, prejudicando a sua saúde e o ambiente. A poluição atmosférica afigura-se, na Europa, como um dos maiores desafios da actualidade, criando um grande impacto na saúde dos cidadãos. O crescente desenvolvimento económico, tecnológico e populacional, aliado à expansão urbana, aos actuais padrões de consumo, ao tráfego intenso, há má gestão ambiental e há falta de planeamento adequado refletem-se na qualidade do ar, tendo repercussões na qualidade de vida e na saúde humana (Borrego, et al., 2006).

O ar é um elemento vital para a sobrevivência de qualquer ser humano, sendo fundamental preservá-lo e garantir a sua qualidade. Nesse sentido, nos últimos anos a investigação em relação à qualidade do ar, tem vindo a intensificar-se e vários estudos identificam diversos problemas que contribuem para a sua deterioração (Albuquerque *et al.*, 2016).

De acordo com Magalhães (2009), ao longo dos tempos, a problemática da poluição do ar tem constituído uma preocupação para a humanidade. Inicialmente apenas a poluição do ar exterior constituía um problema real e de preocupação mundial devido à crescente emissão de poluentes, nomeadamente a partir do aumento da urbanização e da industrialização. Mais recentemente a poluição do ar interior foi encarada também como possível problema a nível de saúde.

É reconhecido que os problemas de poluição do ar ambiente e interior, são o factor ambiental com maior impacte na saúde dos Europeus, sendo responsáveis pela maior percentagem de doenças com causas ambientais. A relevância da Qualidade do Ar Interior (QAI) na saúde, levou a que a Organização Mundial de Saúde (OMS), em 2005, tenha estabelecido o “direito ao ar interior saudável” e posteriormente tenha considerado o ar limpo como um requisito básico para a vida (Matos, 2012).

Segundo Carvalho (2018), com a evolução tecnológica dos últimos tempos, as actividades profissionais passaram a ter um carácter mais interior, desenvolvendo-se em espaços fechados onde os trabalhadores permanecem largos períodos de tempo, ao longo do horário de trabalho, levando conseqüentemente a uma maior preocupação com a qualidade do ar interior.

Num estudo realizado por Santos (2010) o autor relacionou o efeito da idade dos edifícios na degradação da qualidade do ar interior, concluindo que nos edifícios mais recentes, estão associadas concentrações de poluentes mais elevadas do que nos edifícios mais antigos, o que se poderá dever há redução do consumo energético associada à construção de edifícios mais recentes, baseada frequentemente em medidas de melhor isolamento térmico, que podem resultar numa diminuição da qualidade do ar interior. O autor salienta ainda que o desconhecimento sobre a potencial degradação da qualidade do ar interior, origina práticas deficientes de ventilação e renovação do ar interior.

Embora nos últimos tempos se tenham observado grandes avanços ao nível do estudo e do conhecimento da qualidade do ar, ainda se verifica uma falta de sensibilização e informação acerca deste tema por parte da população em geral. No que toca ao ar interior, este continua a ser visto como resultado do clima interior, estando apenas relacionado com os aspectos do conforto térmico, nomeadamente a temperatura e humidade (Verdelhos, 2011).

## **2.2. Importância do controlo da qualidade do ar interior**

Tendo em conta que as pessoas passam actualmente a maior parte do seu tempo no interior de edifícios, conseqüentemente e inevitavelmente, a qualidade de vida encontra-se condicionada pelas limitações que os edifícios possam apresentar, portanto a caracterização do ar interior é de facto muito importante, de modo a perceber qual a sua composição e, caso existam concentrações perigosas para a saúde humana, identificar possíveis causas directas ou indirectas, e se necessário, aplicar medidas de protecção necessárias para manter e salvaguardar a saúde de quem está exposto ao risco (Silva, 2016). O conforto associado à qualidade do ar interior, está relacionado com um conjunto de factores, como as fontes de poluição do ar (interiores ou exteriores; físicas, químicas ou biológicas) e suas interacções, as condições ambientais, os materiais e a estrutura do edifício, as actividades, o comportamento e o número de ocupantes, os sistemas de aquecimento, ventilação e de ar condicionado, a taxa de renovação de ar e até a percepção sensorial de cada indivíduo (Cheong & Lau, 2003).

Segundo Verdelhos (2011), os edifícios abrangidos pelo RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios) podem apresentar várias tipologias dependendo do tipo de actividades a que se destinam, podendo torná-los mais expostos a determinados poluentes. Não obstante, a qualidade do ar interior pode ainda ser afectada por uma série de factores, como temperatura, humidade, taxa de renovação de ar, fluxo de ar, ventilação, poluentes físicos, químicos e biológicos.

A qualidade do ar interior assume cada vez mais, um papel relevante na saúde, no ambiente e na economia, podendo ser definida como a natureza do ar que afeta a saúde e o bem-estar dos ocupantes de determinado espaço fechado, não englobando apenas a existência de poluentes, mas também o nível de conforto e a percepção que cada utilizador tem da qualidade do ar que se respira (Matos, 2012).

Segundo Costa (2011), ao evitar as trocas energéticas com o ambiente exterior, os edifícios tornam-se mais estanques, reduzindo assim a ventilação natural e, conseqüentemente, aumentando a acumulação do ar contaminado no seu interior. Além disso a procura de novos materiais sintéticos e químicos usados na construção e decoração, incrementam também eles fontes de poluição para o ar interior, já por si contaminado, saturado e de difícil renovação natural.

Sabendo que um ar interior de fraca qualidade prejudica a saúde humana e que na maioria dos casos não temos a capacidade, nem os meios para saber se estamos perante ar seguro ou não, porque os nossos sentidos não conseguem detetar a maioria dos gases e aerossóis, é de extrema importância encontrar os meios e as medidas que o permitam avaliar. A monitorização e a avaliação da qualidade do ar tornam-se, portanto imprescindível para garantir a proteção da saúde pública (Marques, 2013).

A exposição a substâncias perigosas espontaneamente no local de trabalho, quer seja um laboratório, de uma fábrica ou até mesmo de um escritório. Em locais como laboratórios ou fábricas, essas substâncias perigosas são, na maior parte das vezes agente químicos. Qualquer situação laboral em que se verifique a presença de um agente químico perigoso e em que este entre em contacto com um trabalhador, normalmente por inalação ou pela via cutânea, representa um risco para o trabalhador (Cipriano, 2014).

Para promover uma boa qualidade do ar interior é necessário, segundo Verdelhos (2011), perceber como os poluentes podem ser controlados na sua fonte recorrendo à sua identificação, e durante a sua exposição, através de ventilação eficaz. Porém, o controlo na fonte é sempre a opção mais directa e viável, pois é a única verdadeiramente eficaz quando estamos na presença de vários poluentes. O controlo deve ter em conta o ar exterior, os tipos de materiais existentes, fungos, humidades, sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado e as próprias actividades desenvolvidas no seu interior.

A autora supra citada refere ainda que, embora seja mais eficaz prevenir os problemas de qualidade do ar interior (através da utilização de produtos, materiais e equipamentos pouco poluentes, da localização correcta das entradas de ar nos edifícios longe de focos de poluição exterior, da proibição de fumar nos espaços interiores e do correcto dimensionamento dos sistemas de climatização do que resolvê-los, muitas situações requerem apenas simples soluções, como por exemplo, alterações nos hábitos dos ocupantes, substituição de alguns materiais utilizados na decoração ou de produtos utilizados na limpeza ou um ajustamento das taxas de ventilação dos espaços interiores.

### **2.3. Qualidade do ar interior e saúde ocupacional dos trabalhadores**

A poluição do ar ambiente pode afectar, em maior ou menor gravidade, a saúde dos trabalhadores, podendo haver consequências prejudiciais para a produção e para o meio de trabalho (Macedo, 2006). A exposição humana é o elo de ligação entre o ambiente que nos rodeia e a saúde humana. Para uma percepção realista dos riscos para a saúde humana e para a implementação de estratégias de controlo, é imprescindível uma estimativa precisa da exposição humana a contaminantes ambientais (Ferreira, 2007).

Tem sido verificado nos últimos anos um aumento significativo de doenças relacionadas com trabalhos que sujeitam o trabalhador ao manuseamento de cargas, realização de tarefas repetitivas, exposição a agentes químicos perigosos e exposição ao ruído. Algumas dessas doenças são caracterizadas por lesões músculo-esqueléticas, surdez, fadiga psíquica e física, doenças cutâneas e doenças respiratórias. Constituindo uma elevada e crescente responsabilidade para a sociedade em geral e para as empresas, tem-se vindo cada vez mais nos últimos anos, a apostar na criação de novas estratégias de prevenção, baseadas na análise e avaliação de riscos, cujo principal intuito é a

redução e/ou eliminação dos perigos que poderão provocar acidentes de trabalho e/ou doenças profissionais, preferencialmente na fonte como já foi referido (Cipriano, 2014).

Maia (2014) define exposição humana como o tempo que um indivíduo está exposto a uma determinada concentração de um determinado poluente. Segundo a autora, existem três aspetos subjacentes a este conceito que são a magnitude da exposição (relativa à concentração do poluente em estudo), a duração da exposição (tempo em que o indivíduo está exposto a essa concentração) e a frequência com que esse tipo de exposição ocorre. Para a autora, a concentração é uma característica física do ambiente num dado local e num determinado tempo, enquanto a exposição descreve a interação entre o ambiente e o ocupante, dado que para haver exposição é necessário que a concentração de um poluente num determinado local e período de tempo seja não nula e que, simultaneamente, um indivíduo esteja presente nesse local.

Embora inúmeros estudos e projectos reforcem a evidência dos diversos e complexos efeitos da qualidade do ar interior na saúde pública, muitas das relações causa-efeito entre as diferentes fontes de poluição de ambientes interiores estão ainda por quantificar e identificar. Para um melhor conforto e para que se salvguarde a qualidade do ar interior dos espaços confinados, estão legalmente estabelecidos valores limite para os parâmetros que a possam pôr em causa. A partir do momento em que esses valores forem ultrapassados, a saúde dos ocupantes dos espaços confinados poderá ser motivo de preocupação (Magalhães, 2009).

Frequentemente, alguns ocupantes queixam-se de alguns sintomas, tais como dores de cabeça, náuseas, fadiga, sonolência, irritação dos olhos, nariz e garganta, etc. Estes sintomas que não estão relacionados com uma causa concreta, são aliviados após a saída dos ocupantes do edifício. Isto leva a crer que poderão estar associados à exposição dos ocupantes a determinados poluentes químicos, físicos e/ou biológicos que



ocorrem a níveis inadequados à saúde humana, no interior do edifício (APA, 2010). Curiosamente, Costa (2011) refere que existe uma maior prevalência destes sintomas nos edifícios com sistemas de ar condicionado comparativamente aos edifícios com sistemas de ventilação natural e de ventilação mecânica simples.

Também Matos (2012) indica vários efeitos na saúde resultantes da exposição a deficiente qualidade do ar interior e que estão relacionados com o tempo de exposição ao poluente, podendo as exposições em curtos períodos de tempo causar situações de desconforto, diminuição da concentração e redução da capacidade de aprendizagem, enquanto as exposições durante períodos prolongados e consecutivos a poluentes do ar interior podem originar diversos problemas de saúde.

Recentemente a má qualidade do ar interior tem sido identificada em vários estudos, como uma causa bastante provável do desenvolvimento de algumas doenças respiratórias, tais como alergias, asma, distúrbios respiratórios e dermatológicos e cancro pulmonar, refletindo-se igualmente numa fraca produtividade laboral e diminuição da capacidade de concentração (Geiss, et al., 2008). Os vários problemas de qualidade do ar interior são reconhecidos como importantes fatores de risco no que diz respeito à saúde humana, quer em países desenvolvidos, quer nos países em vias de desenvolvimento, considerando-se que cerca de metade das doenças são causadas ou agravadas pela má qualidade do ar existente no interior dos edifícios (Bessa, 2006).

Verdelhos (2011) refere que em muitos edifícios, o défice de qualidade do ar interior, tem tido um impacto crescente na saúde dos seus ocupantes, dando origem a várias doenças crónicas (alergias respiratórias, cutâneas, etc), além de afectar os padrões de comportamento dos ocupantes com reflexos significativos no bem-estar e na produtividade laboral dos mesmos. Quando os sintomas se manifestam e as queixas permanecem durante um período de tempo superior a duas semanas, e em particular, se

desaparecerem ou atenuarem após os ocupantes deixarem o edifício, é-lhe atribuído o Síndrome do Edifício Doente (SED), definido pela Organização Mundial de Saúde em 1982 como um síndrome que afecta a saúde dos ocupantes de um edifício.

O Síndrome do Edifício Doente é, segundo Matos (2012), um termo usado para descrever situações de desconforto laboral e/ou de problemas agudos de saúde referidos pelos trabalhadores, que parecem estar relacionados com a permanência no interior de alguns edifícios, em que nem sempre é possível estabelecer-se um diagnóstico específico ou identificar-se as eventuais causas de desconforto ou problema de saúde, traduzindo-se portanto num estado doentio transitório dos utilizadores em que os sintomas, como já referido anteriormente, são normalmente aliviados ao abandonar o edifício, podendo as queixas estarem relacionadas com uma área específica ou com a totalidade do edifício.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (WHO, The health effects of indoor air pollution exposure in developing countries, 2013) os principais efeitos atribuídos à exposição a ambientes com deficiente qualidade do ar interior são:

**Efeitos atribuídos à exposição de curto-prazo:**

- Mortalidade súbita;
- Admissões hospitalares respiratórias e cardiovasculares;
- Atendimentos de emergência/urgência respiratórios e cardiovasculares;
- Utilização de medicamentos no âmbito respiratório e cardiovascular;
- Dias de atividade restrita;
- Absentismo no trabalho;
- Sintomas agudos (sibilância, tosse, produção de fleuma, infeções respiratórias);
- Alterações fisiológicas (ex: função pulmonar);
- Cansaço excessivo sem motivo aparente;
- Dificuldade dormir e mal-estar nocturno.

### **Efeitos atribuídos à exposição de longo-prazo:**

- Mortalidade por doença cardiovascular e respiratória prolongada;
- Incidência e prevalência de doenças respiratórias crónicas;
- Alterações crónicas nas funções fisiológicas;
- Cancro pulmonar;
- Doenças crónicas cardiovasculares;
- Restrição do crescimento intra-uterino (baixo peso ao nascer, retardamento do crescimento intra-uterino, pequenas dimensões para a idade gestacional).

### **2.4. Principais interferentes na qualidade do ar interior**

De acordo com Verdelhos (2011), a contaminação do ar interior pode ter origem tanto no interior do próprio edifício como no exterior. Algumas fontes de poluição do ar interior incluem, para além do ar exterior, a ocupação humana, a sobreocupação do local, deficiências no sistema de ventilação, o fumo de tabaco, a emissão de fibras a partir de materiais de construção e revestimento (amianto, lã de rocha, lã de vidro), mobiliário, a utilização de plásticos, produtos sintéticos e/ou solventes, a presença de alcatifas, cortinados, fotocopiadoras, impressoras e computadores ou até mesmo a libertação de compostos orgânicos voláteis dos produtos de limpeza.

Os principais agentes e factores que afectam a qualidade do ar interior, bem como as suas fontes interiores e exteriores, descritas por Martínez e Callejo (2006) apresentam-se descritas seguidamente na tabela 1.

Tabela 1 - Principais agentes e factores que afectam a QAI e respectivas fontes

Fonte: Adaptado de Martínez e Callejo (2006)

Agente/Factor	Fonte Interiores	Fontes Exteriores
<b>Compostos orgânicos voláteis (COVs)</b> (Tricloroetileno, benzeno, tolueno, metil etil cetonas, álcoois metacrilatos, acroleína, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, e pesticidas)	Tintas, produtos de limpeza, impressoras, fotocopiadoras, computadores, solventes impermeabilizantes e isolantes derivados de silicone, carpetes, mobiliário, adesivos, calafetagem, insecticidas, herbicidas, produtos de combustão, fumo de tabaco, cosméticos e outros produtos de uso pessoal.	Emissões de veículos; Emissões industriais.
<b>Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	Utilização de equipamentos a gás ou outros combustíveis em espaços mal ventilados; Ocupantes (respiração humana).	Emissões industriais; Emissões de veículos.
<b>Fibras Artificiais: fibra de vidro e lâ mineral</b>	Isolantes e impermeabilizantes utilizados na construção.	Emissões industriais; Trabalhos de construção e demolição.
<b>Formaldeído (HCHO)</b>	Isolamento de espuma de ureia, madeira contraplacada não selada, madeira prensada, madeira aglomerada, painéis de revestimento de paredes, carpetes, tecidos, colas, adesivos, produtos de combustão (ex. fumo de tabaco).	O formaldeído é quase exclusivamente, identificado em ambientes interiores.
<b>Fumo do tabaco</b>	Cigarros, charutos.	
<b>Microorganismos e outros contaminantes biológicos</b>	Água estagnada em sistemas AVAC, materiais húmidos, desumidificadores, condensadores das torres de arrefecimento ( <i>chillers</i> ), torres de refrigeração, plantas, animais.	Vegetação e flora microbiana ambiental; Animais; Deposição de resíduos.
<b>Mistura de gases inorgânicos: amoníaco, ácido sulfídrico e dióxido de enxofre</b>	Produtos de limpeza, produtos de combustão e fumo de tabaco.	Emissões industriais.
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	Fumo de tabaco; Utilização de equipamentos a gás ou outros combustíveis em espaços mal ventilados.	Emissões de veículos.
<b>Óxido de azoto (NO<sub>2</sub>)</b>	Produtos de combustão de cozinhas e aquecedores a gás, fumo de tabaco, fumos de soldadura.	Emissões de veículos; Emissões industriais.
<b>Ozono (O<sub>3</sub>)</b>	Fotocopiadoras, impressoras, ambientadores, descargas eléctricas.	Atmosfera – nevoeiro fotoquímico (o ozono resulta da transformação atmosférica de produtos emitidos pelos processos de combustão).
<b>Partículas</b>	Fumo de tabaco, papel, isolamento de tubagens, resíduos de água, carpetes, filtros AVAC, actividades de limpeza.	Solo; Emissões de veículos; Emissões industriais; Trabalhos de construção e demolição. Vegetação.
<b>Radão (Rn)</b>	Materiais de construção.	Solo e águas subterrâneas.
<b>Ventilação inadequada (ar exterior insuficiente, deficiente circulação)</b>	Medidas de poupança de energia e manutenção, má concepção dos espaços e condutas do sistema de ventilação (o ar extraído pode voltar a ser reintroduzido nos edifícios), má concepção do projecto do sistema AVAC, alteração do sistema de funcionamento do sistema AVAC pelos ocupantes.	

Jardim *et al.* (2015) acrescentam ainda as fontes de combustão como gás, petróleo, carvão e o tabaco; os sistemas de aquecimento e arrefecimento e os dispositivos de humidificação e referem que os poluentes comumente analisados na caracterização da qualidade do ar interior são o dióxido de carbono, o monóxido de carbono, alguns hidrocarbonetos, com especial atenção para os compostos orgânicos voláteis, as partículas em suspensão, as bactérias e os fungos.

Em casos particulares, são analisados outros contaminantes, como o radão, quando há suspeita de existir nos solos em que se encontra o edifício ou na zona envolvente, o ozono quando os espaços estudados possuem fotocopiadoras ou equipamentos similares, e o amianto quando utilizado na construção do edifício (Silva, 2016).

De acordo com Verdelhos (2011), a abordagem feita à qualidade do ar interior no âmbito do RSECE é diferente para edifícios novos e os já existentes. Nos edifícios existentes devem ser verificadas as concentrações máximas dos poluentes, cujos limites de referência se encontram no Anexo VII do RSECE, sendo os poluentes em estudo: o dióxido de carbono, o monóxido de carbono, partículas com tamanho inferior a 10 µm, compostos orgânicos voláteis, formaldeído, ozono, fungos, bactérias, *Legionella* e radão, além de se ter de verificar também as condições de higiene e a capacidade de filtragem dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado. Nos edifícios novos devem ser averiguados os caudais mínimos de ar novo estabelecidos no Anexo VI e a velocidade do ar interior, designada com um máximo de 0,2 m.s<sup>-1</sup> no ponto 1 do Artigo 4º do RSECE. Segundo Silva (2016), as concentrações dos poluentes que se encontram no ar interior são claramente afetadas pela taxa de emissão da fonte de poluição, pela taxa de recirculação de ar entre o interior e o exterior, pelas concentrações de poluentes no ar exterior e pela taxa de remoção ou de transformação química dos poluentes no ar interior.

Os poluentes que serão objecto de medição neste estudo, são os previstos no n.º 8 do artigo 29.º do RSECE e que estão especificados no Anexo II da NT-SCE-02, nomeadamente:

#### **2.4.1. Matéria particulada em suspensão (PM<sub>10</sub>)**

As partículas em suspensão no ar (PM<sub>x</sub>) são poluentes do ar constituídos por uma complexa mistura de compostos, que podem ser sólidos ou líquidos. Podem ter vários tamanhos, formas e ser constituídas por milhares de compostos químicos e biológicos diferentes. Os processos mecânicos tendem a produzir partículas maiores que os processos de combustão (Martínez & Callejo, 2006). Segundo a EPA (2009) o tamanho das partículas é caracterizado pelo seu diâmetro aerodinâmico, existindo duas categorias de tamanho de partículas particularmente preocupantes para a saúde:

- **Partículas com diâmetro aerodinâmico entre 2,5 µm a 10 µm**, "partículas inaláveis grossas", emitidas por indústrias ou laboratórios. Tendem a depositar-se na região nasal, faríngea ou laríngea do aparelho respiratório (Santos, 2010).
- **Partículas com diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 2,5 µm**, "partículas finas", encontradas no fumo (queima de combustíveis) e neblina. Estas partículas podem depositar-se na região traquebrônquial e alveolar e atingir facilmente os pulmões onde podem acumular-se, reagir ou ser absorvidas. Devido ao seu reduzido tamanho, tendem a permanecer no ar por longos períodos de tempo, percorrer longas distâncias e as suas concentrações variam de acordo com as variações de direcção do vento e as condições atmosféricas (Santos, 2010).

A maioria dos estudos usa as PM<sub>10</sub> como indicador pois estas representam a massa da partícula que entra no trato respiratório e incluem tanto as partículas grossas como as partículas finas que contribuem para efeitos adversos na saúde (Santos, 2010).

#### 2.4.2. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é expelido através da respiração, sendo também gerado em processos de combustão. Este agente é exalado a uma taxa de cerca de 0,3 L/min., durante a execução de tarefas em locais de trabalho como escritórios. É um gás incolor e inodoro, podendo actuar como irritante do sistema respiratório. A sua concentração no ar interior pode dar uma boa indicação da taxa de ventilação (Martínez & Callejo, 2006). Altas concentrações de CO<sub>2</sub> evidenciam a falta de renovação de ar nos locais e uma possível acumulação de outros gases tóxicos e odores, já que a falta de ventilação não permite a diluição dos mesmos a concentrações aceitáveis (Magalhães, 2009).

A taxa de emissão de CO<sub>2</sub> varia com o esforço individual exigido por cada atividade. A tabela 2 apresenta alguns valores de produção de CO<sub>2</sub> associados a atividades com diferentes exigências metabólicas, para população adulta.

**Tabela 2 – Produção de CO<sub>2</sub> em função da actividade metabólica**

Fonte: Adaptado de Viegas (1996)

Actividade física	Actividade metabólica (W)	CO <sub>2</sub> produzido (mL.s <sup>-1</sup> )
Repouso	100	4
Trabalho leve	160 – 320	6,4 – 12,8
Trabalho moderado	320 – 480	12,8 – 19,2
Trabalho pesado	480 – 650	19,2 – 26,0
Trabalho excessivo	650 – 800	26,0 – 32,0

A presença de CO<sub>2</sub> em concentrações elevadas pode causar desconforto, a sensação de ar saturado, irritação dos olhos e garganta, dificuldades respiratórias e fadiga. Em concentrações superiores a 15000 ppm, pode ocorrer perda de acuidade mental e acima de 30000 ppm podem ocorrer dores de cabeça, tonturas e náuseas (Marques, 2013).

O número de pessoas, o tamanho do espaço e o nível da actividade física, a taxa de ventilação e de renovação do ar, são factores que segundo Santos (2010), influenciam a concentração deste agente em ambientes fechados, verificando-se, normalmente, níveis mais elevados no final da manhã e no final da tarde. Assim, se outros poluentes são gerados a uma taxa que também dependa do nível de ocupação, então o CO<sub>2</sub> é um bom indicador da concentração desses poluentes.

#### **2.4.3. Monóxido de carbono (CO)**

O monóxido de carbono (CO) é um gás tóxico, invisível, sem cheiro ou sabor e é um subproduto da queima de combustíveis fósseis. A combustão incompleta que ocorre em fogões a gás, fornos, caldeiras e aquecedores pode representar fontes interiores importantes de CO (Martínez & Callejo, 2006). Em espaços interiores, a sua acumulação pode estar ainda associada a uma ventilação ineficiente ou a infiltrações provenientes de compartimentos vizinhos e fontes exteriores próximas, como garagens, entradas de prédios, cozinhas, sistemas de aquecimento ou fumo de tabaco (APA, 2010).

De acordo com Marques (2013), o CO actua junto do sistema sanguíneo, ligando-se à hemoglobina, originando uma redução do transporte de oxigénio, até às células. Os sintomas associados a elevadas concentrações incluem dores de cabeça, diminuição do estado de vigília, sonolência, sintomas idênticos aos de uma gripe, náuseas, fadiga, respiração rápida, dor no peito, confusão e lentidão de raciocínio, podendo manifestar-se nos indivíduos com intensidades diferentes, dependendo a susceptibilidade individual de cada ocupante. A autora refere por isso que este composto deve ser medido sempre que haja suspeitas de problemas nos processos de combustão, queixas associadas a odores de exaustão ou qualquer outra suspeita da presença deste gás, em concentrações que possam afetar a saúde humana.



Segundo a OMS (2009), a exposição ao monóxido de carbono é particularmente perigosa para o feto, lactantes e pessoas com anemia ou doença cardíaca. A exposição a baixas concentrações de monóxido de carbono pode causar fadiga e dores no peito (sintomas mais intensos em pessoas com doença cardíaca crónica). Por outro lado, exposições a concentrações mais elevadas podem provocar dores de cabeça, tonturas e fraqueza em pessoas saudáveis, ou outros sintomas mais graves como sonolência, náuseas, vômito, confusão, desorientação, perda de consciência e até mesmo morte.

Na tabela 3 apresenta-se um conjunto de efeitos em função da concentração de CO no ar.

**Tabela 3 - Influência da concentração de CO no ar**

**Fonte:** Adaptado de Santos (2010)

<b>Concentração de CO no ar (ppm)</b>	<b>Efeitos sentidos</b>
1 -2	Concentração considerada normal
2	Limite de exposição de longa duração sugerido
9	Limiar de protecção para 8 horas de trabalho
15 – 20	Diminui o desempenho e estado de vigia
27	Surgem queixas cardio-respiratórias
35	Aumento das queixas cardio-respiratórias
75	Diminui a reserva de O <sub>2</sub> disponível
200	Dor de cabeça ligeira e cansaço
400	Dor de cabeça forte, tonturas e náuseas
800	Desequilíbrios e náuseas
1600	Agravamento da sintomatologia
3200	Cefaleias
6400	Perda de consciência
12800	Morte

#### 2.4.4. Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)

Os compostos orgânicos voláteis (COVs) são constituídos por átomos de carbono e hidrogénio e apresentam pontos de ebulição na gama de 50 – 250 °C. Englobam uma grande variedade de compostos químicos como hidrocarbonetos alifáticos, aromáticos e clorados, aldeídos, cetonas, éteres, ácidos e álcoois (Martínez e Callejo, 2006).

A OMS sugere uma classificação, apresentada na tabela 4, por pontos de ebulição, em quatro classes distintas: compostos orgânicos muito voláteis (COMV), compostos orgânicos voláteis (COV), compostos orgânicos semi-voláteis (COSV) e matéria orgânica particulada (MOP).

**Tabela 4 - Classificação dos compostos orgânicos voláteis, de acordo com a Organização Mundial de Saúde**

**Fonte:** Adaptado de Marques (2013) e APA (2010)

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Pontos de ebulição (°C)</b>
1	Compostos orgânicos muito voláteis	COMV	< 0 a 50 – 100
2	Compostos orgânicos voláteis	COV	50 – 100 a 240 – 260
3	Compostos orgânicos semi-voláteis	COSV	240 – 260 a 380 – 400
4	Compostos orgânicos associados a matéria particulada ou a matéria orgânica particulada	MOP	> 3800

De acordo com APA (2010), as fontes mais comuns de COVs em atmosferas interiores, são as que se apresentam de seguida na tabela 5 com as respectivas fontes.

**Tabela 5 - Principais compostos orgânicos voláteis e suas fontes**

**Fonte:** Adaptado de APA (2010)

<b>Substância</b>	<b>Fonte</b>
Acetona	Tintas, revestimentos, acabamentos, solvente de tintas, diluentes, calafetagem
Hidrocarbonetos alifáticos	Tintas, adesivos, gasolina, fontes de combustão, fotocopiadoras, carpetes, linóleo, componentes de calafetagem.
Hidrocarbonetos aromáticos	Fontes de combustão, tintas, adesivos, gasolina, linóleo, revestimento da parede
Solventes clorados	Artigos de limpeza ou de protecção de tapeçarias e carpetes, tintas, solvente de tintas, lacam, solventes, fluido de correcção, roupas limpas a seco
Acetato de n-butil	Telha acústica do tecto, linóleo, compostos de calafetagem
Diclorobenzeno	Carpetes, cristais de naftalinas, refrescante de ar
4-Fenil-Ciclohexano	Carpetes, tintas.
Terpenos	Desodorizantes, agentes de limpeza, polidores, tecido/decoração, tecido/decoração emoliente, cigarros.

Tal como refere Marques (2013), a identificação e medição individual de COVs é bastante dispendiosa e demora imenso tempo. Um outro aspeto que dificulta a sua quantificação, é o facto destes compostos estarem presentes no ar interior em concentrações muito baixas. De forma a contornar esta problemática, efetua-se geralmente a medição destes compostos em compostos orgânicos voláteis totais (COVT), contabilizando toda a mistura de COVs, sem distinguir os diferentes compostos. No entanto, a quantificação de COVT é geralmente afectada pelo método de medição e pela composição da mistura. Os efeitos na saúde dos ocupantes, associados a exposição a COVs passam por irritação dos olhos, nariz e garganta, bem como, náuseas, dores de cabeça, danos nos rins, fígado e sistema nervoso central. Alguns COVs têm também efeitos cancerígenos (EPA, 2009).

#### **2.4.5. Ambiente térmico**

A humidade relativa (HR) e a temperatura (T) são fundamentais para o conforto dos ocupantes de espaços confinados, sendo de especial importância quando interferem com pessoas com o seu estado de saúde fragilizado. Uma das exigências para o bem-estar e conforto dos ocupantes é manter o equilíbrio térmico entre o corpo humano e o meio ambiente, afectado pelos dois factores físicos atrás referidos, em simultâneo com a velocidade do ar. Deste modo, os factores de ambiente térmico, parâmetros importantes de conforto, são relevantes porque podem afectar a percepção dos ocupantes relativamente à qualidade do ar interior e, sobretudo, condicionam ou incrementam a formação de poluentes do ar interior dos espaços (Magalhães, 2009).

A temperatura e humidade estão directamente relacionadas com as preocupações de conforto térmico subjacentes às queixas de uma fraca qualidade do ar interior. De acordo com o Guia Técnico da Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2010) a temperatura, a humidade e a ventilação são, entre outros, factores que podem afectar a qualidade do ar

interior, bem como as concentrações dos poluentes no interior de edifícios. Estes podem influenciar o desenvolvimento de microrganismos no ambiente interior e a dispersão dos contaminantes do ar. Martinez e Callejo (2006) afirmam que o bem-estar térmico depende, não só das características físicas individuais, mas também da idade, actividade metabólica, tipo de actividade, vestuário, temperatura, humidade e velocidade do ar.

Citando Magalhães (2009), no ar interior, a temperatura que, na verdade, corresponde ao efeito de duas temperaturas: a temperatura do ar interior e a temperatura resultante do efeito radiativo das paredes, tem efeito directo no conforto térmico dos ocupantes. A temperatura pode ser influenciada por factores relativos à iluminação artificial, exposição solar do edifício, equipamentos eléctricos e aos mecanismos de controlo AVAC.

O facto dos ocupantes sentirem muito calor ou frio pode estar, segundo Marques (2013) na origem de dores de cabeça, cansaço ou irritação das mucosas. As temperaturas elevadas dificultam a dissipação do calor por parte do organismo, levando a um aumento da temperatura corporal e do ritmo cardíaco, provocando sonolência e redução do rendimento. A autora afirma ainda que a uniformidade da temperatura nos espaços também é um fator a ter em consideração porque o individuo pode sentir desconforto se partes do seu corpo estiverem sujeitas a diferentes temperaturas.

A humidade é também um factor que influencia o ambiente térmico. O aumento da humidade impede a evaporação do suor, reduzindo a resistência do organismo às altas temperaturas. A humidade relativa (HR) é o parâmetro utilizado para definir as condições de humidade de um determinado ambiente interior, que de acordo com a ISO 7726:1998, mede a quantidade de vapor de água existente no ar em relação ao máximo que o ar poderá conter à mesma pressão e temperatura. Valores elevados de humidade relativa provocam desconforto nos ocupantes, enquanto valores baixos estão associados à irritação das vias respiratórias superiores (Santos, 2010).

Magalhães (2009) refere mesmo que, a humidade relativa do ar interior pode também influenciar, directa ou indirectamente, a actividade profissional dos ocupantes. Baixos valores de humidade relativa podem provocar sensações de secura, irritação na pele e nas membranas mucosas de alguns ocupantes, infecções das vias respiratórias ou desconforto no contacto com alguns materiais devido à geração de electricidade estática. Por sua vez, valores altos de humidade relativa podem originar o desenvolvimento de fungos e ácaros causadores de alergias, irritações e, em casos mais graves, asma. A autora refere como principais fontes que contribuem para elevadas concentrações de humidade relativa no interior dos edifícios, o metabolismo dos ocupantes e as respectivas actividades diárias. Também a humidade do ar exterior e a ocorrência de condensação nas superfícies (nalguns materiais, nos vidros e nas paredes), por insuficiente isolamento térmico ou inadequada envolvente ao edifício, provocam o aumento da humidade relativa.

## **2.5. Sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado**

Segundo Carvalhos (2018), a manutenção da qualidade do ar e as condições de conforto são conseguidas através da ventilação, uma vez que um ambiente saudável resulta do controlo simultâneo da temperatura, humidade e renovação de ar em redor dos trabalhadores. A temperatura e a renovação do ar relacionam-se entre si através da ventilação. Segundo Verdelhos (2011), devido aos efeitos adversos na saúde e na produtividade, associados à fraca qualidade do ar interior, tem-se verificado um agravamento da dependência dos edifícios em relação aos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado, vulgarmente designados por AVAC. A autora refere um aumento dos casos de Síndrome do Edifício Doente em edifícios com sistemas de ar condicionado, comparativamente a edifícios com sistemas de ventilação natural.

Costa (2011) refere que no projecto, por vezes, são tomadas decisões erradas que podem causar problemas à qualidade do ar interior, tais como fraca renovação natural do ar, fracos caudais de ar novo, inadequada distribuição do ar, selecção inadequada dos filtros, ausência de hierarquização de pressões e a inexistência de bons acessos para a manutenção. A qualidade do ar interior está dependente de um bom projecto do sistema AVAC e a sua má elaboração terá grandes custos acrescidos para remediar estes problemas em fase de ocupação. Assim, torna-se importante projectar um sistema AVAC bem dimensionado e sobretudo mantido em boas condições de funcionamento e de higiene ao longo da sua vida útil, que capaz de impedir a livre circulação de contaminantes entre o exterior e o interior ou entre diferentes espaços interiores do edifício, sem colocar em risco a qualidade do ar.

Sobre as necessidades de ventilação de um edifício, Carvalhos (2018), refere que a função respiratória depende do teor de oxigénio e de dióxido de carbono, ao passo que numa pessoa adulta em descanso, o débito de respiração é de 10 m<sup>3</sup> de ar/dia, ou seja cerca de 0,42 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. O consumo de oxigénio é de cerca de 24 L.h<sup>-1</sup> e a produção de dióxido de carbono ronda os 20 L.h<sup>-1</sup>. Estes valores aumentam naturalmente com a actividade física dos ocupantes. Num espaço fechado e na presença de ocupantes, há uma diminuição do teor de oxigénio e um aumento do teor de dióxido de carbono.

Paralelamente à necessidade de captar os poluentes e de ventilar convenientemente os locais de trabalho, a economia da energia é também um objectivo prioritário. No entanto, como a captação dos poluentes e a ventilação consomem muita energia, impõe-se necessariamente a optimização da energia. Para ser eficaz, uma instalação de captação e ventilação, necessita da determinação correcta e eficaz de parâmetros directamente dependentes das características da poluição do local, como a velocidade de captação dos poluentes, caudal, velocidade de circulação, taxa de ventilação, etc. (Macedo, 2006).

Note-se que a renovação do ar não constitui por si só um importante factor relacionado com a regulação de temperatura, uma vez que influencia também a própria qualidade do ar. O nível do risco irá depender como é evidente, do tipo de trabalho efectuado nas instalações da empresa. Os trabalhos pesados requerem uma temperatura mais baixa e uma maior ventilação, ao passo que os trabalhos ligeiros efectuados nas mesmas condições se tornam rapidamente difíceis de suportar (Carvalhos, 2018).

A maior parte dos sistemas AVAC instalados são equipamentos de ar condicionado. Segundo a Agência Para A Energia (ADENE, 2016), o objetivo destes equipamentos é climatizar um espaço, podendo acumular funções de aquecimento, arrefecimento, desumidificação, ventilação, renovação e filtragem de ar. Estes equipamentos combatem o excesso de calor no verão e colmatam as necessidades de aquecimento no inverno. Os sistemas mais comuns, apresentados na figura 1, são do tipo “split”, existindo uma unidade interior e uma exterior, conectadas por tubos de cobre, onde circula um fluido frigorigéneo.

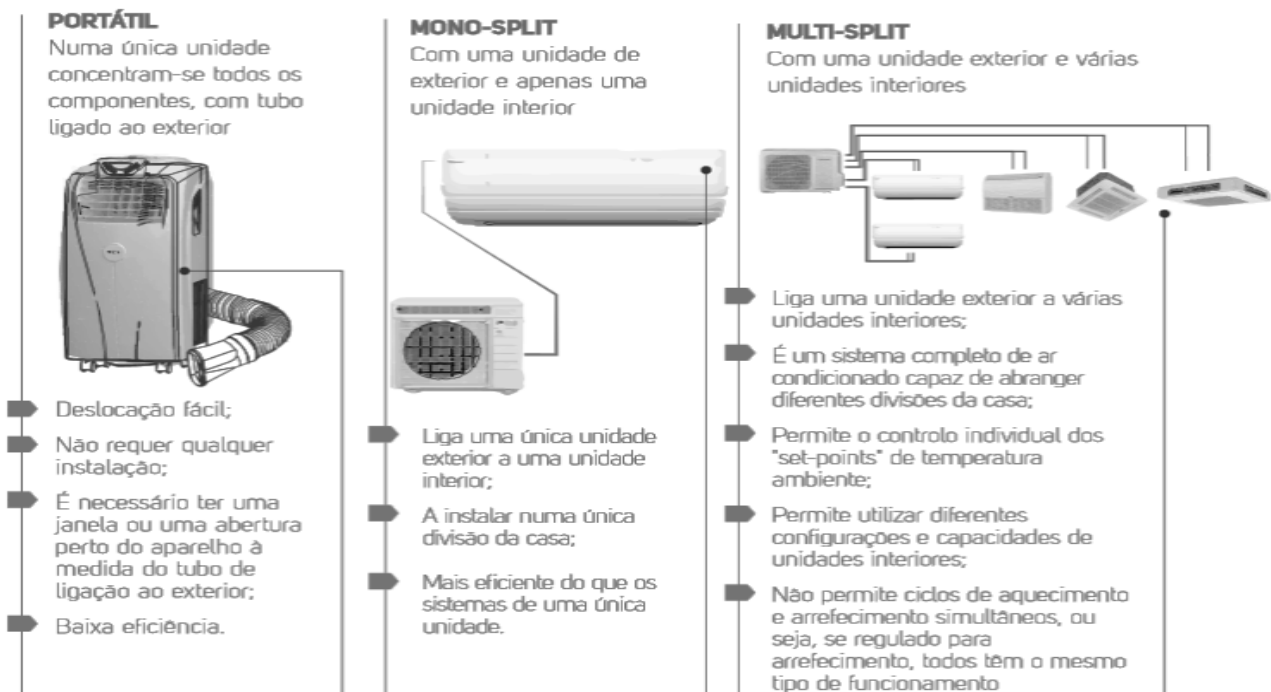


Figura 1 - Sistemas de ar condicionado

Fonte: Dias (2015)



## **2.6. A qualidade do ar interior em edifícios escolares**

Actualmente, os estabelecimentos de ensino são ocupados permanentemente não só por alunos, mas também por funcionários e docentes. Uma grande parte do seu quotidiano é passado em espaços interiores fechados (como os laboratórios), tornando-se importante manter o conforto dentro destes para atingir uma maior produtividade. Esta produtividade é afectada pelo baixo conforto térmico, pelo ruído, pela fraca iluminação e, não menos importante, pela qualidade do ar interior (Cheong & Lau, 2003).

Costa (2011) afirma que a avaliação da qualidade do ar interior em escolas portuguesas é pouco conhecida. No entanto, parece haver alguma homogeneidade nos resultados obtidos nalguns estudos realizados. E, ao contrário do que foi referido à uma década atrás num estudo da EPA (2009), onde a maioria das escolas eram apenas ventiladas naturalmente, hoje a maioria das escola está dotada de sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado, (como é o caso dos laboratórios analisados neste estudo).

Um estudo realizado por Fraga *et. al.* (2008) que avalia a relação entre a qualidade do ar interior em escolas do Porto e a prevalência de sintomas alérgicos e respiratórios nos ocupantes, concluíram que o aumento dos sintomas alérgicos e respiratórios estava associado a uma baixa qualidade do ar interior e que era imperativo melhorá-la.

Madureira *et. al.*, (2009) caracterizaram o ar interior de 11 escolas do Porto e o impacto da sua qualidade na prevalência de sintomas de doenças nos professores. Os autores verificaram que as partículas suspensas no ar, a concentração de CO<sub>2</sub>, de microrganismos, benzeno e tolueno excederam as concentrações máximas de referência legalmente previstas, e curiosamente, foram superiores às medidas no exterior num grande número das escolas. Foram registadas ainda duas correlações significativas e que merecem especial atenção: uma das correlações registou-se entre lesões neurológicas (falhas na memória, concentração e no cálculo) e os níveis de CO<sub>2</sub> e COVs; e outra

correlação registou-se entre problemas respiratórios e de irritação do nariz com os níveis de COVs e partículas suspensas no ar. Também Pegas *et. al.* (2010) verificou concentrações de COVs mais altas no interior do que no exterior das escolas de Lisboa.

Cheong e Lau (2003) desenvolveram uma metodologia para avaliar a qualidade do ar interior e aplicaram-na em dois locais de uma escola de ensino superior. Foi realizada a medição de parâmetros do conforto térmico, a medição das concentrações de microrganismos, de partículas, de CO, de CO<sub>2</sub>, de HCOH e de COVs e à determinação da taxa de renovação de ar. A par destas medições objectivas, foram preenchidos questionários pelos ocupantes dos espaços em questão. Os autores verificaram que a metodologia usada foi adequada à avaliação pretendida e que os locais avaliados na escola não apresentam grandes preocupações no âmbito da qualidade do ar interior, à excepção do nível de formaldeído, da taxa de ventilação e da humidade relativa.

## **2.7. Enquadramento legal**

O controlo da qualidade do ar interior é um problema de saúde pública que importa solucionar, em benefício dos seus ocupantes. Contudo, a eficiência energética dos edifícios não tem de ser automaticamente responsável pelos problemas associados à qualidade do ar interior (Verdelhos, 2011). A poluição do ar é referida na legislação portuguesa desde 1987, com a aplicação da Lei de Bases do Ambiente (Lei n.º 11/87, de 7 de Abril), e é então que qualidade do ar interior começou também a ser considerada em directrizes de segurança e higiene no trabalho ao nível da qualidade dos ambientes de trabalho industrial. Em 2002, o Ministério do Ambiente tomou a iniciativa de implementar a primeira legislação referente à QAI nos edifícios não-industriais, no entanto esta regulamentação permaneceu inactiva até a ser reintegrada em 2006.

É neste contexto que surge o Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril, que estabelece o SCE – Sistemas de Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, que transpõe para a legislação nacional a Directiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro, que obriga os Estados-Membros da União Europeia a implementar um sistema de certificação energética, em que sejam contempladas as inspecções às caldeiras e instalações de ar condicionado, no âmbito energético, mas também proporcionar uma boa qualidade do ar interior e conforto térmico, estabelecendo-se um equilíbrio entre esta e o consumo de energia. Neste sentido, foram posteriormente redigidos dois documentos legislativos de referência, nomeadamente o RCCTE - Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril), e o RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril).

Relativamente aos requisitos para a qualidade do ar interior, no RSECE são deliberados os caudais mínimos de ar novo, a velocidade máxima do ar interior, as concentrações máximas dos poluentes e as condições de higiene e manutenção dos sistemas de climatização. Já no RCCTE, são instituídos os requisitos de conforto térmico, nomeadamente a temperatura e humidade. De acordo com o definido no n.º 3 do artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 Abril, o Sistema Nacional de Certificação Energética da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios criou a Nota Técnica NT-SCE-02 como metodologia de auditoria à qualidade do ar interior. Esta nota deve ser seguida por peritos qualificados, na realização de auditorias periódicas à qualidade do ar interior em edifícios de serviços existentes, dotados de sistemas de climatização com uma potência superior ao valor limite de 25 kW ou quando aplicadas adaptações, em contextos específicos de verificação dos requisitos para os restantes edifícios de serviços existentes. Da aplicação, deve ser emitido um certificado energético e de qualidade do ar interior.

De acordo com Verdelhos (2011), a NT-SCE-02 serve ainda de complemento metodológico onde se descrevem todos os procedimentos necessários para a elaboração do Plano de Acções Correctivas à qualidade do ar interior e dos requisitos para as condições de higiene e capacidade de filtragem dos sistemas AVAC.

Com a publicação da Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios, foi reformulado o regime estabelecido pela Diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2002. Mais recentemente, o Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto, foi alterado pelo Decreto-Lei n.º 28/2016 de 23 de Junho, visando assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) e que transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2010/31/EU.

De acordo com o Decreto-Lei nº 24/2012, de 6 de Fevereiro, o empregador é obrigado a avaliar os riscos e verificar a existência de agentes químicos perigosos no local de trabalho e, se esta verificação revelar a existência de agentes químicos perigosos, o empregador deve avaliar os riscos para a segurança e a saúde dos trabalhadores resultantes da presença desses agentes. Este mesmo diploma define também um conjunto de Valores Limite de Exposição (VLE) profissional indicativos e obrigatórios, os quais devem ser considerados pelo empregador aquando da avaliação dos riscos de exposição a agentes químicos. Os Valores Limites de Exposição (VLE) são definidos, de acordo com a Norma Portuguesa 1796:2007 como a concentração de agentes químicos à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos diariamente, sem efeitos adversos para a sua saúde.

Os Valores Limites de Exposição podem ser:

**a) Valor Limite de Exposição – Média Ponderada (VLE –MP)**, que se traduz como a concentração média ponderada para uma jornada de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas, à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde;

**b) Valor Limite de Exposição – Curta Duração (VLE –CD)**, que se define como a concentração à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar repetidamente expostos por curtos períodos de tempo (normalmente inferiores a 15 minutos), desde que o valor de VLE - MP não seja excedido e sem que ocorram efeitos adversos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde;

**c) Valor Limite de Exposição – Concentração Máxima (VLE – CM)**, que se define como a concentração que nunca deve ser excedida durante qualquer período da exposição. Note-se que exposições superiores ao VLE – MP e inferiores ao VLE – CD não devem exceder os 15 min e não devem ocorrer mais do que 4 vezes por dia e que devem ter um espaçamento temporal de, no mínimo, 60 minutos.

A Portaria 353-A/2013, de 4 de Dezembro, relativa à ventilação e qualidade do ar interior, determina que a fiscalização da qualidade do ar interior, em grandes edifícios de comércio e serviços, deva ser efetuada pela Inspeção Geral do Ambiente e Ordenamento do Território (IGAMAOT) e de acordo com metodologia a estabelecer pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e pela Direção-Geral da Saúde (DGS).

## 2.8. Critérios de referência

Um padrão de qualidade do ar define uma concentração máxima para um componente atmosférico que garanta a protecção, saúde e bem-estar, daqueles que estão inseridos num determinado meio laboral. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos sobre os prejuízos causados por poluentes específicos e são fixados, em legislação própria, em níveis que garantam uma segurança adequada. Se qualquer um dos parâmetros ambientais descritos ultrapassar os valores de referência para o ar interior, este passa a ser considerado poluente.

De acordo com a Metodologia de avaliação da qualidade do ar interior em edifícios de comércio e serviços no âmbito da Portaria 353-A/2013, de 4 de Dezembro de 2013, os limiares de protecção para os poluentes físico-químicos estudados, são os que se apresentam de seguida na tabela 6. Note-se que, os limiares de protecção dizem respeito a uma média temporal de 8 horas e supõem a existência de ar condicionado. Por sua vez, os valores de referência para a temperatura e humidade relativa, também apresentados de seguida na tabela 6, encontram-se descritos na Norma ISO 7730:2005.

**Tabela 6 – Critérios de referência para a qualidade do ar interior – Média temporal ponderada de 8 horas diárias**

<b>Parâmetro</b>	<b>Valores de referência</b>
Partículas em suspensão (PM <sub>10</sub> )	0,05 (mg.m <sup>-3</sup> ) <sup>a</sup>
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	1250 (ppmv) <sup>a</sup>
Monóxido de carbono (CO)	9 (ppmv) <sup>a</sup>
Compostos orgânicos voláteis totais (COVT)	0,26 (ppmv) <sup>a</sup>
Temperatura (T)	20 – 24 (°C)
Humidade relativa (HR)	30 – 70 (%)

<sup>a</sup> T = 20 °C e P = 1 atm

Fonte: Adaptado de Portaria 353-A/2013 e ISO 7730:2005

### 3. Materiais e métodos de trabalho

#### 3.1. Plano de trabalho

O plano de trabalho delineado e seguido neste estudo, é apresentado na figura 2.

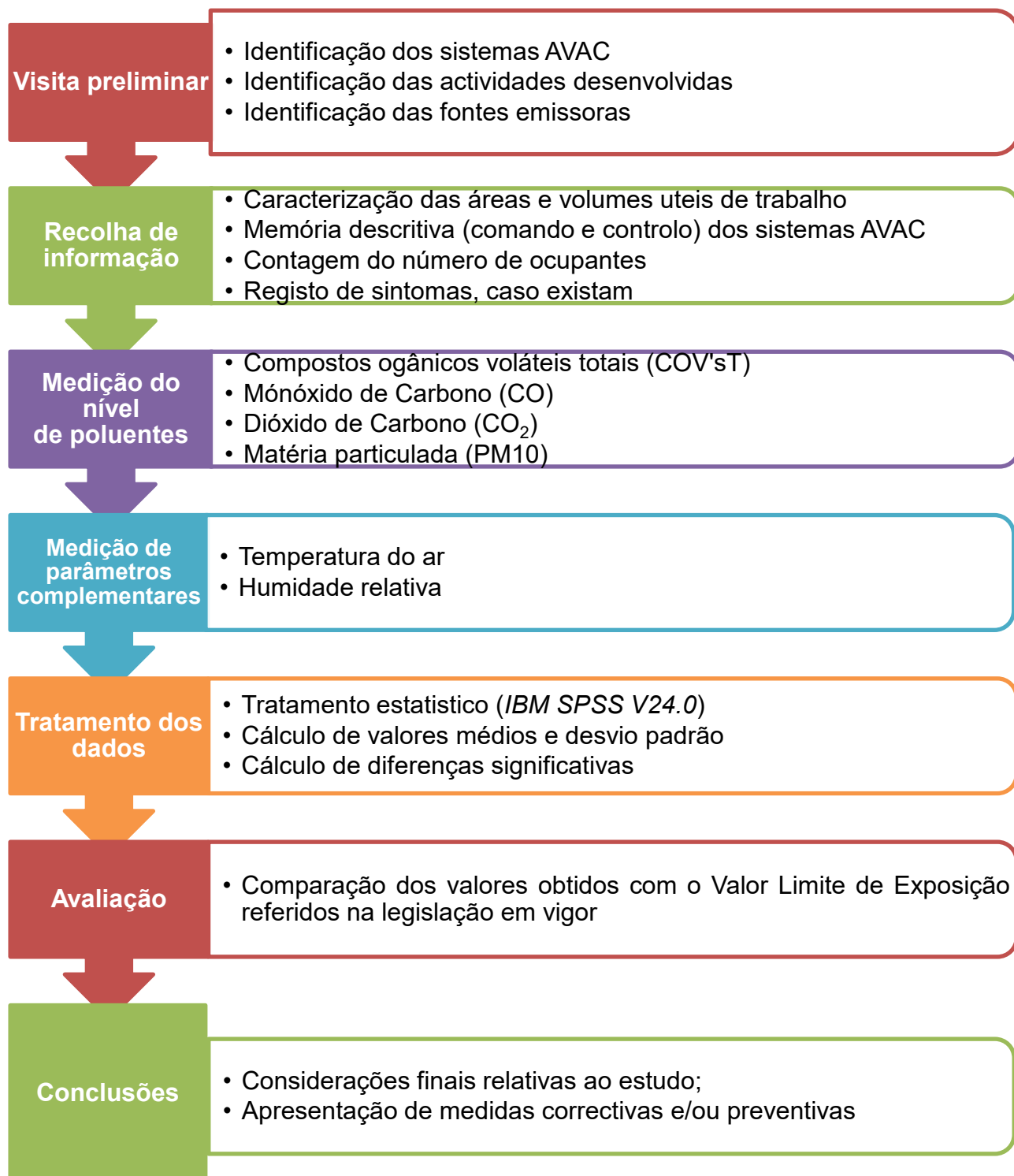


Figura 2 - Plano de trabalho proposto para o estudo

### **3.1.1. Visita preliminar**

A visita preliminar aos laboratórios, sempre realizada em situação de normal funcionamento, teve como foco verificar as condições das instalações, identificar as actividades neles desenvolvidas, recolher informações necessárias ao planeamento do estudo, tais como a área dos laboratórios e a existência ou não de janelas que permitam uma recirculação natural do ar interior, registar qualquer fonte óbvia de poluentes, quantificar o número de funcionários afectos a cada laboratório, pré-avaliar de forma geral o estado de higiene e funcionamento dos sistemas AVAC e das unidades de tratamento e/ou extracção de ar (UTA). As informações recolhidas foram registadas num formulário criado para o efeito, que se apresenta no Anexo 1.

### **3.1.2. Recolha de informação**

Durante a visita preliminar foi recolhida junto dos funcionários afectos a cada laboratório, informação complementar que se considera relevante para este estudo, nomeadamente:

- Caracterização das áreas e volumes úteis de trabalho;
- Número de sistemas AVAC;
- Funcionamento do sistema AVAC;
- Número de sistemas UTA;
- Funcionamento do sistema UTA;
- Identificação do período de ocupação diária no interior dos laboratórios durante a jornada normal de trabalho;
- Avaliar a existência de queixas dos funcionários relativas à qualidade ar interior, nomeadamente os sintomas, os momentos de início e de alívio e a zona afectada;

De igual forma, a informação aqui recolhida foi registada no formulário próprio que se apresenta no Anexo 1.



### 3.1.3. Medição do nível de poluentes

A medição de poluentes físico-químicos dispersos no ar interior foi realizada com um equipamento de medição contínua portátil, de leitura em tempo real, equipado com um fotômetro a laser e micro-sensores que mede e armazena os níveis de concentração de poluentes no ar ao longo de um intervalo de tempo definido – *EVM 3M 7 Environmental Monitor Quest Technology*, apresentado na figura 3.



Figura 3 - EVM 3M 7 Environmental Monitor Quest Technology

Fonte: 3M – Science Applied to Life

As técnicas de medição usadas pelo equipamento apresentam-se na tabela 7.

Tabela 7 - Técnicas de medição usadas pelo equipamento de medição

Fonte: 3M – Science Applied to Life

Poluente	Técnica de medição
Partículas em suspensão	Fotometria
Dióxido de carbono	Infravermelho não-dispersivo
Monóxido de carbono	Infravermelho não-dispersivo
Compostos orgânicos voláteis totais	Fotoionização
Temperatura	Sensor díodo de junção
Humidade	Sensor capacitivo

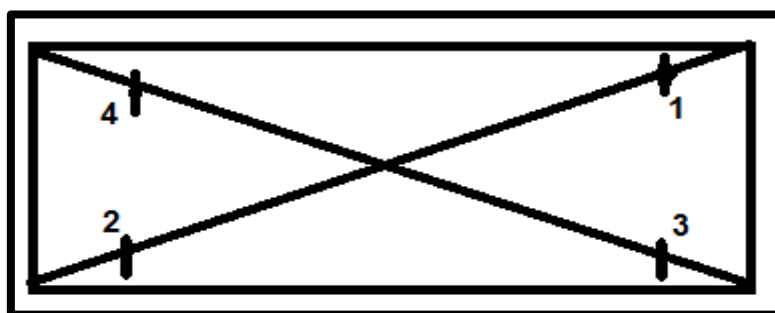
O número mínimo de pontos de medição a considerar em cada laboratório, escolhidos de forma aleatória, foi calculado de acordo com a Metodologia de avaliação da qualidade do ar interior em edifícios de comércio e serviços no âmbito da Portaria 353-A/2013, pela seguinte equação, arredondando para a unidade:

$$N_i = 0,15 \times \sqrt{A_i} \quad [1]$$

**N<sub>i</sub>** - nº de pontos de medida na zona ( $N_i \geq 1$ )

**A<sub>i</sub>** - área da zona, em m<sup>2</sup>

Tendo-se verificado que, para todos os laboratórios o número mínimo de pontos de medição era igual a 1, uma vez que a área dos laboratórios estudados é relativamente pequena, foram criadas, como mostra a figura 4, quatro zonas de medição, nas quais foi feita, no mínimo, uma medição. Estas zonas de medição possuem a mesma estratégia de distribuição de ar e apresentam semelhantes tipos e níveis de actividades, de cargas térmicas e de fontes de emissão de poluentes e organização. De forma a comparar a qualidade do ar interior nos laboratórios nos períodos de utilização e nos períodos de não utilização, duas das medições foram realizadas em períodos representativos do perfil normal de ocupação, utilização e funcionamento, decorridas duas horas após o início do funcionamento e outras duas medições foram realizadas em períodos de não utilização.



1 – Laboratório em utilização	2 – Laboratório em utilização	3 – Laboratório em repouso	4 – Laboratório em repouso
----------------------------------	----------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

Figura 4 - Diagrama dos pontos de medição definidos

A localização dos pontos de medição foi definida de forma a que todos os pontos de medição se situassem a uma distância superior a um metro das fontes de contaminação e a uma altura de 1,6 metros em relação ao pavimento, correspondente ao nível das vias respiratórias. Cada medição foi realizada automaticamente, num período de tempo pré-definido no equipamento de 30 minutos.

Os dados obtidos foram registados num documento criado para o efeito e que se apresenta no Anexo 2.

#### **3.1.4. Medição de parâmetros complementares**

Para uma melhor avaliação da qualidade do ar interior foram igualmente realizados a título complementar, em todos os pontos de medição de todos os laboratórios, medições ao nível do ambiente térmico, nomeadamente dos seguintes parâmetros:

- Temperatura do ar;
- Humidade relativa do ar;
- Ponto de orvalho.

Os dados obtidos foram igualmente registados no documento apresentado no Anexo 2.

#### **3.1.5. Tratamento de dados**

O equipamento de medição fornece um conjunto de valores automaticamente, nomeadamente:

**Para a temperatura, humidade relativa e ponto de orvalho:**

- Valor mínimo (MinT);
- Valor máximo (MaxT);
- Valor médio (MedT).

**Para a concentração de MP<sub>10</sub>, CO<sub>2</sub>, CO e COV's:**

- Valor mínimo (MinT);
- Valor máximo (MaxT);
- Valor médio (MedT);
- Limite de exposição de curta duração - Média ponderada de 15 minutos (STEL);
- Limite de exposição de longa duração - Média ponderada de 8 horas (TWA).

Para comparação com a conformidade legal dos resultados obtidos, foram calculados, para cada conjunto de medições em utilização e em repouso (1-3 e 2-4 respectivamente), valores médios do limite de exposição de longa duração, dado que os limiares de protecção referidos na Metodologia de avaliação da qualidade do ar interior em edifícios de comércio e serviços no âmbito da Portaria 353-A/2013 dizem respeito a uma média temporal de 8 horas. Os valores medidos respeitam a incerteza máxima associada e estabelecida no Anexo II da NT – SCE – 02 e a ordem de grandeza das unidades para os valores limiares de protecção. O tratamento estatístico dos dados foi realizado no programa estatístico *IBM SPSS V24.0.*, podendo ser consultado nos Anexos 4.

### **3.1.6. Avaliação dos dados**

Avaliou-se a conformidade geral dos laboratórios, no que diz respeito à qualidade do ar interior, de acordo com a legislação vigente, tendo como referência os valores indicados na tabela 6 do capítulo 2.8 deste documento (ver página 47). Os resultados obtidos foram ainda analisados no sentido de se identificarem diferenças nos laboratórios em utilização e em repouso e entre laboratórios de diferentes actividades científicas. Após comparar os limites de exposição de longa duração (valores médios de TWA para os conjuntos de medições 1-3 e 2-4), com os valores de referência, foram apresentadas algumas medidas de protecção e/ou prevenção, com vista à salvaguarda da saúde dos funcionários.

#### 4. Apresentação e discussão de resultados

Por opção própria do autor deste estudo, relacionada com motivos profissionais, o tratamento e apresentação dos resultados obtidos será apresentado neste documento, a nível geral e não individual. No entanto, a caracterização física individual de cada laboratório estudado, poderá ser consultada no Anexo 3.

##### 4.1. Dados obtidos durante a visita preliminar e a recolha de informação

Durante a visita preliminar e através da informação recolhida juntos dos funcionários, obteve-se um conjunto de dados que a seguir se apresentam:

##### 4.1.1. Áreas científicas dos laboratórios estudados

A contagem do número de laboratórios estudados, agrupada por área científica e actividades desenvolvidas, apresenta-se na tabela 8.

Tabela 8 – Contagem do número de laboratórios estudados por área científica e actividades desenvolvidas

Área científica	Actividade desenvolvida	Número
<b>Física e Química</b>	Análises físico-químicas de alimentos	6
	Análises físico-químicas de solos	1
	Análises físico-químicas de águas residuais	1
	Controlo da qualidade de águas	1
	Análises ecotoxicológicas	1
	Aulas	1
<b>Microbiologia</b>	Análises microbiológicas de águas e alimentos	1
	Aulas	2
<b>Total</b>		<b>14</b>

#### 4.1.2. Áreas dos laboratórios estudados

Os laboratórios estudados apresentam diferentes áreas de trabalho. Desta forma, a tabela 9 apresenta o valor médio das áreas estudadas, o valor mínimo correspondente ao laboratório de menor área e o valor máximo correspondente ao laboratório de maior área. Por motivos técnicos, não foi possível aceder às plantas dos laboratórios, tendo-se recorrido a medições *in loco* com uma fita métrica convencional, para calcular a área.

**Tabela 9 – Área mínima, média e máxima dos laboratórios estudados, expressa em m<sup>2</sup>**

<b>Área mínima</b>	<b>Área média</b>	<b>Área máxima</b>
<b>(m<sup>2</sup>)</b>		
36	73	102

O laboratório de menores dimensões tem cerca de 36 m<sup>2</sup> e que o laboratório de maior dimensão tem cerca de 102 m<sup>2</sup>. São áreas consideravelmente pequenas para efeito de cálculo do número mínimo de pontos de medição a considerar em cada laboratório.

#### 4.1.3. Condições gerais dos laboratórios e renovação natural de ar

Todos os laboratórios apresentam boas condições físicas, estruturais e de salubridade. Note-se que, os laboratórios estudados são relativamente novos, dado que foram contruídos há cerca de 20 anos.

Relativamente à renovação natural do ar, factor importantíssimo que assegura de forma controlada, a circulação entre o ar admitido do exterior e ar extraído do interior por intermédio de portas, janelas ou grelhas, verificou-se que, à excepção de um laboratório, todos os outros dispunham de janelas ou portas secundárias, que permitem uma renovação natural do ar.

Num dos laboratórios (e apenas num), verificou-se que a par da renovação natural de ar existente neste, existia também um sistema mecânico de renovação de ar, vulgarmente chamado de extractor mecânico, apresentado na figura 5.



Figura 5 – Sistema mecânico de renovação de ar – Extractor

#### **4.1.4. Número de funcionários afectos e períodos de ocupação**

Para a contagem do número de funcionários afectos a cada laboratório, foram considerados não só os funcionários directos da Escola Superior Agrária, mas também os Bolseiros de Investigação que nela prestam serviços e que desenvolvem a sua actividade científica nos laboratórios estudados.

Os laboratórios estudados contam hoje em dia, com um número mais reduzido de funcionários, fruto da conjuntura económica sentida no país já há alguns anos. Este facto obriga a que um mesmo funcionário exerça as suas funções em mais do que um laboratório, numa mesma jornada diária de trabalho. A tabela 10 apresenta o número médio de funcionários afectos a cada laboratório estudado, bem como o período de ocupação (mínimo registado, máximo registado e médio) que cada funcionário passa num laboratório, expresso em horas de trabalho por dia.

**Tabela 10 – Contagem do nº de funcionários afectos e do período de ocupação**

<b>Nº médio de funcionários afectos a cada laboratório</b>	<b>Período de ocupação individual em cada laboratório (h / dia)</b>		
	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Médio</b>
3	3	7	5

Verifica-se, portanto, que estão afectos, em média, 3 funcionários a cada um dos laboratórios estudados e que, cada funcionário passa em média 5 horas por dia em serviço num dos laboratórios.

#### **4.1.5. Sistemas de arrefecimento, ventilação e ar condicionado – AVAC**

Reconhecendo a importância dos sistemas AVAC na qualidade do ar interior, durante a visita preliminar foi recolhida alguma informação sobre os equipamentos presentes nos laboratórios estudados, que se apresenta de seguida na tabela 11.



**Tabela 11 – Condições dos sistemas AVAC nos laboratórios estudados**

<b>Sistemas AVAC</b>	<b>Número de laboratórios</b>
Em boas condições de funcionamento	10
Em boas condições de higiene e limpeza	0
Avariado	1
Sem sistema	3

Verificou-se que dos 14 laboratórios estudados, não existiam sistemas AVAC em 3 deles e, num dos laboratórios, à data da recolha dos dados, o sistema AVAC não estava funcional. Sabe-se porém, que à data em que este documento foi redigido, esse equipamento já teria sido substituído por um equipamento novo. Todos os equipamentos AVAC existentes nos laboratórios são do tipo *mono-split* ou *multi-split*.

Salienta-se que nenhum dos equipamentos presentes nos laboratórios, se apresenta limpo, principalmente ao nível dos filtros e dos circuitos interiores. Este problema, não obstante de contribuir para uma deficiente qualidade do ar interior, uma vez que se trata de um foco de proliferação de poeiras e outras matérias particuladas, é também um foco de contaminação microbiológica, especialmente problemático nos laboratórios de microbiologia, além de poder causar problemas de saúde aos funcionários afectados.

#### **4.1.6. Sistemas de exaustão/extracção – Hottes**

As hottes de exaustão/extracção de gases e vapores são fundamentais para a segurança colectiva de um laboratório (EPC). Estes equipamentos protegem activamente o funcionário contra o risco de inalação de substâncias químicas tóxicas e reduzem significativamente o risco de incêndio e/ou explosão. Nesse sentido, foi recolhida alguma informação sobre os equipamentos presentes nos laboratórios estudados, que se apresenta de seguida na tabela 12.

**Tabela 12 – Condições dos sistemas de exaustão/extracção (*hottes*) nos laboratórios estudados**

<b>Sistemas de exaustão/extracção</b>	<b>Número de laboratórios</b>
Em boas condições de funcionamento	4
Em boas condições de higiene e limpeza	0
Avariado	4
Sem sistema	6

Verificou-se que apenas 4 dos 14 laboratórios estudados dispõem de *hottes* em boas condições de funcionamento, semelhantes à apresentada na figura 6. Porém um igual número de equipamentos encontra-se avariado, sendo que a avaria mais identificada é a inversão do circuito de exaustão/extração. Seis dos laboratórios estudados não dispõem de *hottes*, o que poderá representar um problema minoritário no caso dos laboratórios de microbiologia, uma vez que não se trabalham gases e vapores de grande perigosidade, mas que poderá representar um problema grave no caso dos laboratórios físico-químicos, dado que aí há produção e/ou libertação de gases e vapores, simples e/ou compostos, perigosos e que poderão representar um perigo para a saúde dos funcionários.



**Figura 6 – Sistema de exaustão/extracção de gases e vapores – *Hottes***

De forma homóloga ao que se verificou com os equipamentos de ar condicionado, também as *hottes* se encontra em mau estado de higiene e limpeza, sobretudo ao nível dos filtros e dos circuitos interiores, o que poderá contrinuir para a colmatação dos mesmo e consequente deficiente exaustão e extração dos gases e dos vapores.

#### 4.1.7. Queixas reportadas pelos funcionários

Questionados sobre a existência de queixas relacionadas com a qualidade do ar interior, foram reportadas pelos funcionários, queixas em 9 dos 14 laboratórios estudados. Algumas das queixas reportadas, são sentidas por vários funcionários e em mais do que um laboratório. Na tabela 13 são apresentadas as queixas reportadas e o número de laboratórios onde estas são sentidas.

Tabela 13 – Queixas reportadas pelos funcionários

<b>Tipo de queixa reportada</b>	<b>Número de laboratórios onde a queixa é reportada</b>
Sem queixas reportadas	5
Inexistência ou avaria no ar condicionado. Calor excessivo. Desconforto térmico	4
Renovação do ar fraca ou inexistente. Inexistência de ventilação forçada. Sensação de abafamento	2
Sistemas de extração/exaustão de gases e vapores ( <i>Hottes</i> ) avariados	4
Inexistência de sistema de exaustão/extracção de matéria particulada	1

As principais queixas sentidas e reportadas pelos funcionários afectos aos laboratórios, fazem referência à falta de equipamentos de ar condicionado, sentida sobretudo na época do calor, devido ao calor residual libertado pelo funcionamento das máquinas e dos equipamentos que compõem os laboratórios e, não menos importante, com a falta de *hottes* de exaustão/extracção de gases e vapores em boas condições de funcionamento.

A deficiente renovação do ar é também uma queixa sentida e que está associada à falta de sistemas mecânicos de renovação forçada do ar, aliada à impraticabilidade do uso da renovação natural do ar, através da abertura de portas e/ou janelas.

Num laboratório de uso muito particular, foi reportada a falta de equipamento de exaustão e extração de poeiras, o que, aliado à actividade nele desenvolvida, poderá originar graves problemas de saúde aos funcionários, em especial ao nível das vias respiratórias.

#### **4.2. Medição do nível de poluentes**

Os resultados das medições do nível de poluentes, realizadas de acordo com o que já aqui referido no capítulo 3.1.3 (ver página 50), apresentam-se neste capítulo, subdivididos em relação aos laboratórios em utilização, aos laboratórios sem utilização (repouso), aos laboratórios de microbiologia e aos laboratórios de físico-químicas. As características gerais deste estudo são apresentadas de seguida na tabela 14.

**Tabela 14 – Características gerais do estudo**

<b>Número de laboratórios analisados</b>	14
<b>Número de medições em cada laboratório</b>	4
<b>Número total de medições</b>	56
<b>Duração de cada medição</b>	0,5 horas
<b>Período de tempo total de medições</b>	28 horas

#### 4.2.1. Laboratórios em utilização

Os resultados referentes às medições de  $PM_{10}$ , CO,  $CO_2$  e COVT's nos laboratórios sob condições de utilização, apresentam-se de seguida na tabela 15.

**Tabela 15 – Concentrações de  $PM_{10}$ , CO,  $CO_2$  e COVT nos laboratórios em condições de utilização**

**n = 14, correspondente a 28 medições**

	<b><math>PM_{10}</math></b> <b>(mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>CO_2</math></b> <b>(ppm)</b>	<b>CO</b> <b>(ppm)</b>	<b>COVT</b> <b>(ppm)</b>
<b>Limiar de protecção *</b>	<b>0,05</b>	<b>1250</b>	<b>9</b>	<b>0.26</b>
<b>TWA mínimo registado</b>	6,87	11	0	0
<b>TWA máximo registado</b>	12,10	62	0	0,21
<b>TWA médio</b> <b>(MD + DP)</b>	9,53 ± 1,75	25 ± 17	0	0,07 ± 0,08

\* 8h/dia ; 40h/semana de acordo com a Portaria 353-A/2013

Verificou-se que a concentração de matéria particulada em suspensão  $PM_{10}$  está, em média, cerca de 200 vezes superior ao limiar de protecção legalmente estabelecido. Este resultado era previsível, uma vez que em todas as medições foram observados valores bastante superiores ao limiar de protecção para este poluente. Outros estudos homólogos realizados por Santos (2010) e Costa (2011), apresentaram resultados idênticos.

A medição dos restantes poluentes químicos ( $CO_2$ , CO e COVT) revelou resultados abaixo do limiar de protecção legalmente estabelecido na legislação vigente. Esta condições verificou-se válida para os valores máximos registados no decorrer das medições, e consequentemente, para os valores médios posteriormente calculados.

#### 4.2.2. Laboratórios em repouso

Os resultados referentes às medições de MP<sub>10</sub>, CO, CO<sub>2</sub> e COVT's nos laboratórios sob condições de repouso, vulgo não utilização, apresentam-se de seguida na tabela 16.

**Tabela 16 – Concentrações de MP<sub>10</sub>, CO, CO<sub>2</sub> e COVT nos laboratórios em condições de repouso**

**n = 14, correspondente a 28 medições**

	<b>PM<sub>10</sub></b> <b>(mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(ppm)</b>	<b>CO</b> <b>(ppm)</b>	<b>COVT</b> <b>(ppm)</b>
<b>Limiar de protecção *</b>	<b>0,05</b>	<b>1250</b>	<b>9</b>	<b>0.26</b>
<b>TWA mínima registado</b>	0,96	8	0	0
<b>TWA máxima registado</b>	11,20	20	0	0,11
<b>TWA médio</b> <b>(MD + DP)</b>	5,90 ± 3,24	12 ± 4	0	0,02 ± 0,03

\* 8h/dia ; 40h/semana de acordo com a Portaria 353-A/2013

De forma análoga ao que foi verificado nas medições realizadas nos laboratórios em condições de utilização, tal como descrito no ponto anterior, também as medições realizadas nos laboratórios em condições de repouso, indicaram concentrações de matéria particulada em suspensão PM<sub>10</sub>, superiores ao limiar de protecção legalmente estabelecido, tanto ao nível médio, como ao nível das medições registadas individualmente em cada um dos laboratórios.

A medição dos restantes poluentes (CO<sub>2</sub>, CO e COVT) apresentou igualmente valores inferiores aos limiares de protecção indicados na legislação aplicável.

#### 4.2.3. Relação entre a concentração de poluentes e a utilização e a não utilização dos laboratórios

Na tabela 17 é possível comparar as concentrações médias dos poluentes analisados, em condições de utilização e em condições de repouso.

**Tabela 17 - Concentrações médias (MD+DP) de PM<sub>10</sub>, CO<sub>2</sub>, CO e COVT em condições de utilização e de repouso**  
n = 28, correspondente a 56 medições

	<b>PM<sub>10</sub></b> <b>(mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(ppm)</b>	<b>CO</b> <b>(ppm)</b>	<b>COVT</b> <b>(ppm)</b>
<b>Limiar de protecção *</b>	<b>0,05</b>	<b>1250</b>	<b>9</b>	<b>0.26</b>
<b>Em condições de utilização</b>	9,53 ± 1,75	25 ± 17	0	0,07 ± 0,08
<b>Em condições de repouso</b>	5,90 ± 3,24	12 ± 4	0	0,02 ± 0,03
<b>Diferença</b>	<b>3,63</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>0,05</b>

\* 8h/dia ; 40h/semana de acordo com a Portaria 353-A/2013

Ao comparar as concentrações médias obtidas nas medições realizadas em condições de utilização, com as concentrações médias obtidas nas medições realizadas em condições de repouso, verifica-se que para todos os poluentes estudados, as concentrações são relativamente menores. A concentração média de matéria particulada em suspensão PM<sub>10</sub> apresentou a menor diferença entre as condições de medição, no entanto apresou-se superior ao limiar de protecção legalmente previsto em ambas as situações. As concentrações médias dos restantes poluentes analisados, foram cerca de duas vezes superiores, nas medições realizadas em condições de utilização. Esta tendência geral verificada, vai ao encontro do que era naturalmente esperado.

#### 4.2.4. Relação entre a concentração de poluentes e o tipo de actividade desenvolvida nos laboratórios

Como já referido neste documento, os laboratórios analisados são afectos a distintas áreas científicas. Deste modo, procurou-se avaliar a diferença entre as concentrações de poluentes no ar, na óptica da qualidade do ar interior, entre os laboratórios de diferentes áreas científicas. Na tabela 18 é possível comparar as concentrações médias dos poluentes analisados, nos laboratórios afectos a análises físico-químicas e nos laboratórios afectos a análises de microbiologia.

**Tabela 18 - Concentrações médias (MD+DP) de PM<sub>10</sub>, CO<sub>2</sub>, CO e COVT e laboratórios afectos a diferentes áreas científicas**

		<b>PM<sub>10</sub></b> <b>(mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(ppm)</b>	<b>CO</b> <b>(ppm)</b>	<b>COVT</b> <b>(ppm)</b>
<b>Limiar de protecção *</b>		<b>0,05</b>	<b>1250</b>	<b>9</b>	<b>0.26</b>
<b>Laboratórios Físico – Químicas</b> (n = 22, correspondente a 44 medições)	<b>Em condições de utilização</b>	9,52 ± 1,96	17 ± 7	0	0,06 ± 0,07
	<b>Em condições de repouso</b>	5,65 ± 3,48	12 ± 3	0	0,02 ± 0,03
	<b>Diferença</b>	<b>3,87</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0,04</b>
<b>Laboratórios Microbiologia</b> (n = 6, correspondente a 12 medições)	<b>Em condições de utilização</b>	9,56 ± 0,85	53 ± 8	0	0,13 ± 0,12
	<b>Em condições de repouso</b>	6,79 ± 2,51	12 ± 7	0	0
	<b>Diferença</b>	<b>2,77</b>	<b>41</b>	<b>0</b>	<b>0,13</b>

\* 8h/dia ; 40h/semana de acordo com a Portaria 353-A/2013



Confirma-se a tendência em existir uma concentração mais baixa de todos os poluentes analisados, quando os laboratórios, quer sejam afectos a análises físico-químicas ou a análises microbiológicas, estão em condições de repouso. Verifica-se que as concentrações de matéria particulada em suspensão PM10 e CO são relativamente homólogas nos dois tipos de laboratórios, parecendo não haver uma influência directa entre a concentração destes poluentes com o tipo de actividade científica desenvolvida. As concentrações de COVT duplicaram nos laboratórios de microbiologia aquando da sua utilização, comparativamente aos laboratórios físico-químicos em utilização.

Surpreendentemente verificaram-se concentrações muito altas de dióxido de carbono nos laboratórios de microbiologia em condições de utilização, quando comparadas às concentrações do mesmo poluente nos laboratórios de físico-químicas nas mesmas condições de funcionamento. Este facto poderá eventualmente ser explicado pelo facto de em dois dos três laboratórios afectos à microbiologia, não haver sistemas AVAC, pelo facto de um destes laboratórios não ter se quer renovação natural (nem mecânica) do ar, e ainda possivelmente, pela actividade metabólica desenvolvida pelos próprios microrganismos, que se encontram em estudo nestes laboratórios.

#### **4.3. Medição de parâmetros complementares**

Os resultados das medições dos parâmetros complementares (temperatura, humidade relativa e ponto de orvalho), realizadas de acordo com o que já aqui referido no capítulo 3.1.4 (ver página 52), apresentam-se neste capítulo, subdivididos em relação aos laboratórios em utilização, aos laboratórios sem utilização (repouso), aos laboratórios de microbiologia e aos laboratórios de físico-químicas. As características gerais deste estudo são as mesmas já aqui apresentadas anteriormente na tabela 14 (ver página 61).

#### 4.3.1. Laboratórios em utilização

Os resultados referentes às medições realizadas ao ambiente térmico (temperatura, humidade relativa e ponto de orvalho nos laboratórios sob condições de utilização, apresentam-se de seguida na tabela 19.

**Tabela 19 – Ambiente térmico registado nos laboratórios em condições de utilização**

**n = 14, correspondente a 28 medições**

	<b>Temperatura</b> <b>(°C)</b>	<b>Humidade relativa</b> <b>(%)</b>	<b>Ponto de orvalho</b> <b>(°C)</b>
<b>Valores de referência *</b>	<b>20 – 24</b>	<b>30 – 70</b>	<b>10 – 16</b>
<b>Mínimo registado</b>	21,80	40,80	8,10
<b>Máximo registado</b>	29,50	49,30	15,90
<b>Médio</b> <b>(MD + DP)</b>	25,23 ± 2,74	45,83 ± 3,00	12,21 ± 2,58

\* Recomendado pela ISO 7730:2005

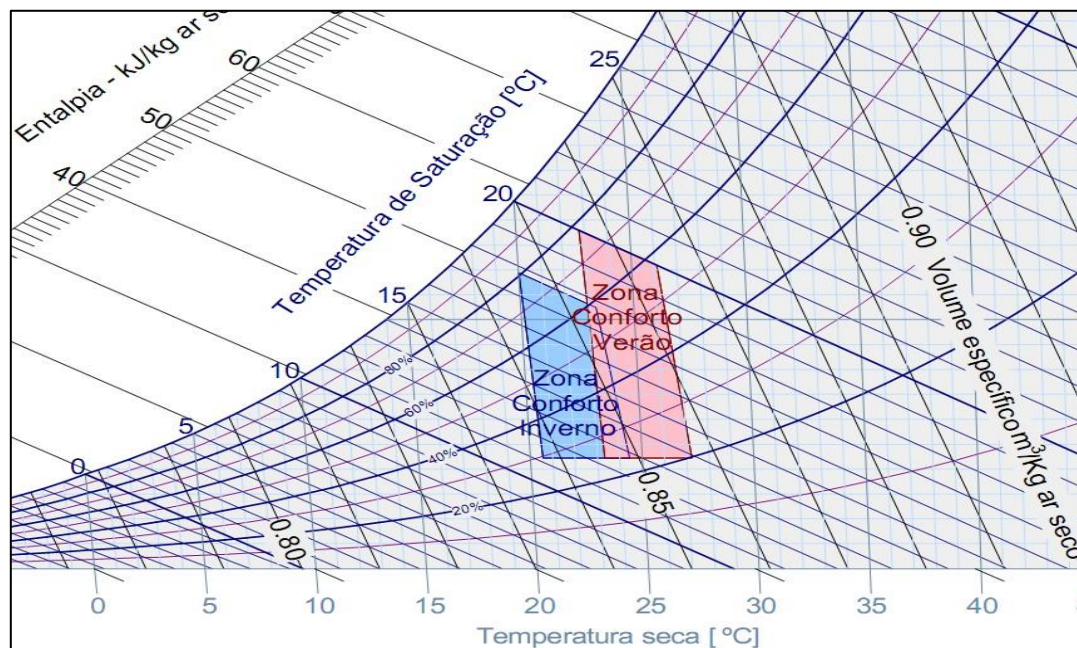
Verifica-se que o ambiente térmico sentido nos laboratórios, durante a sua utilização, está de forma geral, em concordância com as recomendações legalmente previstas na legislação vigente. O ponto de orvalho médio sentido nos laboratórios, bem como o ponto de orvalho máximo registado, apresentaram-se dentro do intervalo recomendado para uma sensação de conforto térmico, no entanto registou-se um valor mínimo abaixo do recomendado o que, de acordo com a figura 7 e sabendo que o ponto de orvalho é genericamente a temperatura à qual o vapor de água que está em suspensão no ar começa a se condensar, poderá indicar uma situação de desconforto térmico para os ocupantes e funcionários dos laboratórios, por sensação de ambiente seco.

		Temperatura do ar (°C)									
		-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Umidade Relativa do Ar (%)	90	-6,5	-1,0	-3,5	8,5	13,5	18,5	23,5	28,0	33,0	38,5
	85	-7,5	-2,0	-2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,0	32,0	37,5
	80	-8,0	-3,0	2,0	6,5	11,5	16,5	21,0	26,0	31,0	36,0
	75	-8,5	-3,5	1,0	5,5	10,5	15,5	20,0	25,0	30,0	35,0
	70	-9,5	-4,5	0,0	4,5	9,0	14,5	19,0	23,5	28,0	33,5
	65	-10,0	-5,5	-1,0	3,0	8,0	13,0	17,5	22,0	27,0	32,0
	60	-11,0	-6,5	-2,0	2,0	7,0	12,0	16,5	20,5	25,5	30,5
	55	-11,5	-7,5	-3,0	1,0	5,5	10,5	15,0	19,5	24,0	29,0
	50	-13,0	-8,5	-4,5	-0,5	4,0	9,0	13,5	18,0	22,5	27,0
	45	-14,5	-9,5	-6,0	-1,5	2,5	7,0	12,0	16,0	20,5	25,5
	40	-16,0	-11,0	-7,5	-3,5	1,0	5,5	9,5	14,0	18,0	23,0
	35	-18,0	-12,0	-8,5	-5,0	-1,0	3,0	7,5	12,0	16,5	21,0
	30	-19,0	-14,5	-10,5	-7,0	-3,0	1,5	5,5	9,5	13,5	18,0

**Figura 7 – Tabela de cálculo do ponto de orvalho**

Fonte: Dias (2015)

A humidade relativa apresentou valores (mínimo, máximo e médio) dentro das recomendações legais. Sabendo que a humidade relativa está intimamente ligada à temperatura e pressão atmosférica e analisando o diagrama psicométrico apresentado na figura 8, para o conjunto de dados obtidos nas medições realizadas, valores de humidade relativa próximos de 50 % associam-se a uma sensação de conforto térmico.



**Figura 8 – Diagrama psicométrico**

Fonte: Dias (2015)

A temperatura medida apresentou valores mínimos dentro do intervalo recomendado pela legislação aplicável, no entanto, a temperatura média apresenta-se ligeiramente superior, uma vez que a temperatura máxima registada foi muito superior à recomendada, atingindo quase 30 °C. Esta situação é uma consequência directa da falta de equipamentos AVAC em alguns dos laboratórios estudos, aliada à época quente que se fazia sentir na altura da recolha dos dados.

#### 4.3.2. Laboratórios em repouso

Os resultados referentes às medições realizadas ao ambiente térmico (temperatura, humidade relativa e ponto de orvalho nos laboratórios em condições de repouso (não utilização), apresentam-se de seguida na tabela 20.

**Tabela 20 – Ambiente térmico registado nos laboratórios em condições de repouso**

**n = 14, correspondente a 28 medições**

	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humidade relativa (%)</b>	<b>Ponto de orvalho (°C)</b>
<b>Valores de referência *</b>	<b>20 – 24</b>	<b>30 – 70</b>	<b>10 – 16</b>
<b>Mínimo registado</b>	21,30	39,60	8,20
<b>Máximo registado</b>	28,70	50,80	14,50
<b>Médio (MD + DP)</b>	25,93 ± 2,48	45,30 ± 3,17	12,46 ± 1,91

\* Recomendado pela ISO 7730:2005

De forma homóloga ao verificado nas medições realizadas durante a utilização dos laboratórios, a temperatura registada apresentou valores (máximo e médio) superiores aos indicados na legislação aplicável. Como referido anteriormente, esta situação será igualmente uma consequência directa da falta de sistemas AVAC nalguns laboratórios e naturalmente, do calor que se fazia sentir na altura da recolha de dados.

A humidade relativa registada situou-se dentro das recomendações legais e o ponto de orvalho apresentou um valor mínimo abaixo do recomendado, indicando uma possível sensação de ambiente seco. No entanto, o ponto de orvalho máximo registado e médio apresentaram valores dentro do intervalo recomendado.

#### **4.3.3. Relação entre o ambiente térmico e a utilização e não utilização dos laboratórios**

Na tabela 20 é possível comparar o ambiente térmico médio registado nos laboratórios em condições de utilização e em condições de repouso.

**Tabela 21 – Ambiente térmico médio (MD+DP) registado nos laboratórios em condições de utilização e repouso**

**n = 28, correspondente a 56 medições**

	<b>Temperatura</b> <b>(°C)</b>	<b>Humidade relativa</b> <b>(%)</b>	<b>Ponto de orvalho</b> <b>(°C)</b>
<b>Valores de referência *</b>	<b>20 – 24</b>	<b>30 – 70</b>	<b>10 – 16</b>
<b>Em utilização</b>	25,23 ± 2,74	45,83 ± 3,00	12,21 ± 2,58
<b>Em repouso</b>	25,93 ± 2,48	45,30 ± 3,17	12,46 ± 1,91
<b>Diferença</b>	<b>0,70</b>	<b>0,53</b>	<b>0,25</b>

\* Recomendado pela ISO 7730:2005

Diante dos resultados obtidos para a medição do ambiente térmico nos laboratórios em

condições de utilização e em condições de repouso, verifica-se uma forte homogeneidade dos valores obtidos, parecendo não haver influencia directa entre a utilização ou não utilização dos laboratórios, com a temperatura, a humidade relativa e o ponto de orvalho.

Verifica-se que os valores obtidos de humidade relativa e ponto de orvalho, encontram-se em média, dentro do intervalo de valores referenciados na legislação aplicável. No que diz respeito à temperatura média registada, em ambas as condições verifica-se um ligeiro aumento em relação aos valores de referência.

Salienta-se no entanto que, quando os laboratórios não estão a ser usados, regularmente e com bastante frequência em especial na época quente, os equipamentos AVAC permanecem em funcionamento para arrefecimento dos laboratórios. Esta condição é essencial para algumas das metodologias aplicadas nos laboratórios e para salvaguardar um correcto funcionamento de alguns equipamentos neles presentes, em especial os equipamentos de frio e alguns equipamentos de leitura directa.

#### **4.3.4. Relação entre o ambiente térmico e o tipo de actividade desenvolvido nos laboratórios**

De igual forma ao que foi avaliado em relação à medição dos poluentes químicos dispersos no ar interior, procurou-se igualmente avaliar a diferença registada no ambiente térmico entre os laboratórios de diferentes áreas científicas.

Na tabela 21 é possível comparar os valores obtidos para a temperatura, humidade relativa e ponto de orvalho, nos laboratórios afectos a análises físico-químicas e nos laboratórios afectos a análises de microbiologia.

**Tabela 22 – Valores médios (MD+DP) de temperatura, humidade relativa e ponto de orvalho, nos laboratórios afectos a diferentes áreas científicas**

		<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humidade relativa (%)</b>	<b>Ponto de orvalho (°C)</b>
<b>Valores de referência *</b>		<b>20 – 24</b>	<b>30 – 70</b>	<b>10 – 16</b>
<b>Laboratórios Físico – Químicas</b> (n = 22, correspondente a 44 medições)	<b>Em condições de utilização</b>	24,29 ± 2,27	45,49 ± 3,17	11,25 ± 1,99
	<b>Em condições de repouso</b>	25,59 ± 2,67	44,78 ± 3,32	11,94 ± 1,83
	<b>Diferença</b>	<b>1,30</b>	<b>0,71</b>	<b>0,69</b>
<b>Laboratórios Microbiologia</b> (n = 6, correspondente a 12 medições)	<b>Em condições de utilização</b>	28,67 ± 0,80	47,07 ± 2,32	15,70 ± 0,26
	<b>Em condições de repouso</b>	27,17 ± 1,38	47,23 ± 1,70	14,37 ± 0,12
	<b>Diferença</b>	<b>1,50</b>	<b>0,16</b>	<b>1,33</b>

\* Recomendado pela ISO 7730:2005

Verifica-se que os laboratórios de microbiologia apresentam em média, valores de temperatura, humidade relativa e ponto de orvalho mais elevados. Esta tendência verifica-se independentemente da utilização ou da não utilização dos laboratórios, e poderá ser explicada pelo facto de não existir sistemas AVAC em dois dos três laboratórios de microbiologia e ainda, por num desses laboratórios, além de não existir sistema AVAC, também não existe renovação natural do ar. Os laboratórios físico-químicos apresentam valores dentro das recomendações legais, embora a temperatura esteja ligeiramente mais elevada. Por sua vez, e dado os valores consideravelmente altos de temperatura, os laboratórios de microbiologia apresentam-se fora das recomendações legais.

## **5. Conclusões e considerações finais**

Com este estudo, chega-se à conclusão que os laboratórios do Departamento de Tecnologias e Ciências Aplicadas da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja, não cumprem na sua totalidade, os limiares de protecção e as recomendações descritas na legislação actualmente em vigor, no que se refere à qualidade do ar interior.

Apesar de todos os laboratórios se apresentarem em boas condições físicas, estruturais e de salubridade e apresentarem (à excepção de um laboratório) uma boa renovação natural do ar, existem laboratórios que não dispõem de sistemas AVAC ou que os mesmo se encontram avariados, que tem os sistemas de exaustão e extracção de gases e vapores avariados e, com excepção de um laboratório, não existem sistemas de renovação mecânica do ar, vulgo sistemas mecânicos de exaustão e extracção do ar interior saturado. Estes são os principais factores que contribuem para as queixas sentidas pelos funcionários afectos às actividades desenvolvidas nos laboratórios e que, de forma directa ou indirecta, contribuem para a deterioração da qualidade do ar interior.

Relativamente à concentração de poluentes físico-químicos em suspensão no ar interior, verificou-se que todos os laboratórios apresentam concentrações de matéria particulada em suspensão PM10 bastante acima do limiar de protecção estabelecido na Portaria 353-A/2013. Esta tendência foi também enunciada num estudo semelhante realizado por Lee & Chang (2000), tendo os autores associado este problema à sobrelotação e inadequada ventilação das salas de aula. Neste estudo porém, a razão para este acontecimento parece-me estar associada à falta de limpeza dos equipamentos de ar condicionado e dos equipamentos de exaustão e extracção de gases e vapores, em especial dos filtros.

A concentração dos restantes poluentes químicos suspensos no ar interior, mostrou estar abaixo do limiar de protecção previsto na legislação. Como é natural, a concentração de



poluentes químicos no ar interior dos laboratórios, duplica em geral, quando os laboratórios estão em utilização, comparativamente ao período em que estão em repouso. Ainda em relação à medição de poluentes químicos, verificou-se que os laboratórios de microbiologia quando estão em funcionamento apresentam concentrações bastantes superiores (embora abaixo do limiar de protecção) de CO<sub>2</sub> e COVT, em comparação com os laboratórios físico-químicos em iguais condições de utilização. Como referido anteriormente, este facto poderá ser explicado pela inexistência de equipamentos de ar condicionado e pelo próprio metabolismo dos microrganismos em estudo nos laboratórios. Os restantes poluentes analisados apresentaram valores homólogos entre os dois tipos de laboratórios, parecendo não haver uma influência directa entre a sua concentração e tipo de actividade científica desenvolvida nos laboratórios.

Relativamente ao ambiente térmico analisado nos laboratórios, verificou-se nalgumas medições, temperaturas acima das recomendadas pela ISO 7730:2005, consequência directa da falta de equipamentos de ar condicionado nalguns laboratórios e, naturalmente, do calor que se fazia sentir durante a recolha dos dados. Os valores de humidade relativa e do ponto de orvalho mostraram-se dentro das recomendações legais.

O ambiente térmico apresentou-se relativamente homólogo, independentemente da utilização ou da não utilização dos laboratórios estudados, no entanto verificou-se um claro aumento dos valores de todos os parâmetros analisados nos laboratórios de microbiologia, quando comparados com os laboratórios físico-químicos, em iguais condições de utilização e não utilização. Este acontecimento parece estar igualmente relacionado com a falta de equipamentos de ar condicionado e pela falta de renovação natural do ar, embora esta seja considerada inconveniente num laboratório de microbiologia, pelo acrescido risco de contaminação.

Detectadas algumas falhas técnicas e estruturais que contribuem para uma deficiente qualidade do ar interior nos laboratórios estudados, e que nalguns casos, contribuem para a não conformidade com a legislação vigente relativa à qualidade do ar interior, são aqui apresentadas algumas recomendações pessoais, nomeadamente:

- Realizar periodicamente a manutenção e limpeza dos equipamentos de ar condicionado e dos equipamentos de exaustão e extração existentes;
- Instalar equipamentos de ar condicionado nos laboratórios que não os possuem;
- Instalar sistemas mecânicos de exaustão e extração do ar saturado, que permitam a renovação do ar, preferencialmente em todos os laboratórios;
- Instalar um sistema de exaustão e extracção de poeiras no laboratório de solos;
- Disponibilizar sempre equipamentos de protecção individual aos funcionários, nomeadamente máscaras;
- Reforçar a informação, sensibilização e a formação transmitida aos funcionários.

## **6. Propostas de investigação futuras**

Reconhecendo a importância deste tipo de estudos nos estabelecimentos de ensino públicos, e tendo como principal objectivo a salvaguarda e a protecção da saúde ocupacional dos funcionários afectos, parece-me verdadeiramente importante, na minha opinião pessoal, continuar este estudo alargando o campo de acção e a amostra em estudo. Nesse sentido, parece-me importante avaliar num futuro próximo, a qualidade do ar interior nos laboratórios dos restantes departamentos da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja.

Seria igualmente importante avaliar a qualidade do ar interior noutros edifícios, departamentos e serviços das várias escolas e dos serviços comuns, como por exemplo a cantina e a biblioteca do Instituto Politécnico de Beja. Qualquer avaliação da qualidade do ar interior, poderia ser ainda complementada pela análise microbiológica do ar interior

Não obstante de qualquer estudo ou avaliação, seja ela qual for, reafirma-se a importância e a necessidade de desenvolver acções de formação e informação, destinadas aos funcionários públicos em geral.

## 7. Bibliografia

- 3M. (s.f.). *3M - Science Applied to Life*. Recuperado el 22 de 08 de 2019, de [Https://www.3m.com](https://www.3m.com)
- ADENE. (2016). Ar condicionado doméstico. En *10 soluções de eficiência energética*. Lisboa: ADENE - Agência Para A Energia.
- Agency, E. P. (2009). *Indoor air quality tools for schools - Reference Guide*. USA: EPA - US.
- Albuquerque, M., Coutinho, M., & Borrego, C. (2016). Long-term monitoring and seasonal analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) measured over a decade in the ambient air of Porto, Portugal. *Science of the Total Environment*, N.º 543, 439 - 448.
- APA. (2010). *Qualidade do Ar em Espaços*. Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente.
- Bessa, R. (2006). O ar condicionado e a qualidade do ar interior dos edifícios. En O. N. Respiratórias, *Qualidade do ar interior*. Lisboa: APEA.
- Borrego, C., Miranda, A., Martins, H., Ferreira, J., Costa, A., & Tchepel, O. (2006). Traffic-related particulate air pollution exposure in urban areas. *Atmospheric Environment*, 7205 - 7214.
- Carvalhos, M. (2018). Qualidade do ar interior. En *Higiene no trabalho I*. Beja: Textos de apoio do Mestrado de Segurança e Higiene no Trabalho.
- Cheong, K. W., & Lau, H. Y. (2003). Development and application of an IAQ audit to. *Building and Environment*(38), 605 - 616.
- Cipriano, P. (2014). *Análise e avaliação de riscos para a segurança e saúde no trabalho num laboratório de investigação e desenvolvimento*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

- Costa, C. (2011). *Estudo da qualidade do ar interior num edifício departamental da UC*. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra.
- Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de Abril, que transpõe parcialmente a Diretiva 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativo ao desempenho energético e qualidade do ar interior em edifícios, e que aprova o Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE). Diário da República. 1ª Série (A), N.º 67.
- Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril, que transpõe parcialmente a Diretiva 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, relativo à definição de eficiência e características mínimas dos sistemas de climatização e qualidade do ar interior em edifícios, e que aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). Diário da República. 1ª Série (A), N.º 173.
- Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril, que transpõe parcialmente a Diretiva 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativo à definição de padrões de qualidade energético-ambiental da construção, e que aprova o Regulamento das Características de Conforto Térmico dos Edifícios (RCCTE). Diário da República. 1ª Série (A), N.º 173.
- Decreto-Lei n.º 24/2012, de 6 de Fevereiro. Consolida as prescrições mínimas em matéria de proteção dos trabalhadores contra os riscos para a segurança e a saúde devido à exposição a agentes químicos no trabalho e transpõe para a ordem interna a Diretiva n.º 2009/161/UE, de 17 de Dezembro de 2009, que estabelece uma terceira lista de valores limite de exposição profissional indicativos para a aplicação da Diretiva n.º 98/24/CE, de 7 de Abril de 1998, e altera a Diretiva n.º 2000/39/CE, de 8 de Junho de 2000. Diário da República. 1ª Série (A), N.º 26.
- Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto, que transpõe a Diretiva 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Dezembro, relativo à aprovação do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Diário da República. 1ª Série, N.º 159.
- Decreto-Lei n.º 28/2016 de 23 de Junho, que procede à quarta alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/EU. Diário da República n.º 119/2016, Série I de 2016-06-23

- Dias, J. (2015). *Sebenta teórica da unidade curricular de Instalações Técnicas Industriais do curso de Engenharia Alimentar*. Beja: Escola Superior Agrária de Beja.
- Ferreira, J. (2007). *Relação entre a qualidade do ar e a exposição humana a poluentes atmosféricos*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Fraga, S., Ramos, E., Martins, A., Samúdio, J., Silva, G., Guedes, J., . . . Barros, H. (2008). Qualidade do ar interior e sintomas respiratórios em escolas do Porto. *Revista Portuguesa de Pneumologia*, 14(4).
- Geiss, O., Tirendi, S., Bernasconi, C., Barreto, J., Gotti, A., Cimino-Real, G., . . . Sarigiannis, D. (2008). *European Parliament Pilot Project on Exposure to Indoor Air*.
- ISO 7726:1998 - Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities
- ISO 7730:2005 - Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria
- Lee, S., & Chang, M. (2000). Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong. *Chemosphere* N.º 41, 109 - 113.
- Macedo, R. (2006). Medidas de prevenção contra os riscos provocados por peiras, gases e vapores- 3ª Edição. En *Manual de higiene do trabalho e indústria* (págs. 115 - 248). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Madureira, J., Alvim-Ferraz, M., Rodrigues, S., Gonçalves, G., Azevedo, M., Pinto, E., & Mayan, O. (2009). AQ in Schools and Health Symptoms among Portuguese Teachers. *Human and Ecological Risk Assessment*(15), 159 - 169.
- Magalhães, A. (2009). *Avaliação do contributo na qualidade do ar interior hospitalar da humidade e dos fungos*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

- Maia, A. (2014). *Avaliação da exposição a poluentes atmosféricos na cidade de Aveiro*. Aveiro: Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.
- Marques, L. (2013). *Qualidade do ar interior em instalações desportivas*. Aveiro: Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.
- Martínez, F., & Callejo, R. (2006). *Edificios saludables para trabajadores sanos: calidad de ambientes interiores*. España: Junta de Castilla y León - Consejería de Economía y Empleo.
- Matos, E. (2012). *Relatório Profissional: Qualidade do ar interior e certificação*. Aveiro: Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.
- Metodologia de avaliação da qualidade do ar interior em edifícios de comércio e serviços no âmbito da Portaria 353-A/2013. (2015) Lisboa: Agência Portuguesa do Ambiente em parceria com a Direção-Geral da Saúde
- NP 1796:2004 - Segurança no trabalho, valores limite de exposição a agentes químicos
- Nota Técnica NT-SCE-02, “Metodologia para auditorias periódicas de qualidade do ar interior em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE” (versão provisória), Agência para a Energia - ADENE, 2009.
- OMS. (2009). WHO Guidelines for Indoor Air Quality - Dampness and Mould. (E. H. Rosen, Ed.) Recuperado el 29 de 07 de 2019, de [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0017/43325/E92645.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf)
- OMS. (2009). *WHO Handbook on indoor radon - A Public Health Perspective*. Recuperado el 24 de 07 de 2019, de [http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241547673\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241547673_eng.pdf)
- Pegas, P., Evtyugina, M., Alves, C., Nunes, T., Cerqueira, M., Franchi, M., . . . Freits, M. (2010). Indoor air quality in elementary schools of Lisbon in spring. *Environmental Geochemistry and Health*(33), 42 - 49.

- Portaria n.º 353-A/2013, de 4 de Dezembro, estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo, os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior mediante determinados critérios. Diário da República. 1ª Série, N.º 235.
- Santos, S. (2010). *Avaliação da qualidade do ar interior em jardins de infância*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Santos, S. (2017). *Avaliação da qualidade do ambiente interior no edifício da portaria principal do Porto de Leixões*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Silva, S. (2016). *Modelação da qualidade do ar interior*. Aveiro: Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.
- Verdelhos, V. (2011). *Caracterização da qualidade do ar interior em espaços públicos com permissão de fumar*. Coimbra: Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra.
- WHO. (2012). *Air Quality Guidelines for Europe - 2ª Ed.* Copenhagen: World Health Organization.
- WHO. (2013). *The health effects of indoor air pollution exposure in developing countries*. Genève: World Health Organization.



## Anexos

### Anexo 1 - Formulário da visita preliminar e da recolha de informação

<p align="center"><b>Avaliação da Qualidade do Ar Interior nos Laboratórios do Departamento de Tecnologias e Ciências Aplicadas da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja</b></p>					
<p align="center"><b>Estudo realizado no âmbito da Dissertação de Mestrado em Higiene e Segurança no Trabalho</b></p>					
Laboratório		Data		Hora	
Actividade desenvolvida				Área	
Laboratório em boas condições?		Existe renovação natural de ar?			
Nº funcionários afectos		Periodo de ocupação			
Existência de queixas? Quais?					
Nº Sistemas AVAC		Tipo			
Sistemas AVAC em bom estado?		Sistemas AVAC limpos?			
Nº Sistemas exaustão/extracção		Tipo			
Sistemas de exa./ext. em bom estado?		Sistemas de exa./ext. limpos?			
Nº de pontos de amostragem		Locais	1 2	3 4	
Distância das fontes de contaminação	> 1 m	Altura das medições	Nível das vias de respiração (1,6 metros)		
O aluno de mestrado			A professora orientadora		
David José Azedo			Maria Teresa dos Carvalhos		

## Anexo 2 – Formulário das medições do nível de poluentes e dos parâmetros complementares

Resultados obtidos durante as medições							
	Valor mínimo (MinT)	Valor máximo (MaxT)	Valor médio (MedT)	Valor médio máximo (MedT)	STEL (15 min.)	TWA (8h/dia)	Limiar de protecção (8h/dia)
Temp. (°C)							
Humidade Relativa (%)							
Ponto Orvalho (°C)							
MP10 (mg/m3)							0,05
CO2 (PPM)							1250
CO (PPM)							9
COV's (PPM)							0,26

**STEL** - limite de exposição média ponderada para 15 minutos que não deve ser ultrapassado em nenhum momento da jornada de trabalho, mesmo que a concentração média ponderada (TWA) em 8 horas esteja dentro dos limites média ponderada.

**TWA** - concentração média ponderada para uma jornada normal de 8 horas diárias e 40 horas semanais, à qual, acredita-se que a maioria dos trabalhadores possa ser repetidamente exposta, dia após dia, sem sofrer efeitos adversos a saúde.

### Anexo 3 - Dados obtidos durante a visita preliminar e a recolha de dados

Laboratório	Área	Boas condições	Renovação natural ar	Nº func. afectos	Periodo ocupação	Queixas	Ar condicionado funcional	Hottes funcionais
<b>FQ</b>	63	Sim	Sim	2	3	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	Sim
<b>MICR</b>	36	Sim	<b>Não</b>	2	5	<b>Sim</b>	<b>0</b>	0
<b>10</b>	77	Sim	Sim	1	5	Não	Sim	0
<b>11</b>	58	Sim	Sim	1	5	<b>Sim</b>	<b>0</b>	0
<b>16</b>	72	Sim	Sim	5	5	<b>Sim</b>	Sim	<b>Não</b>
<b>17</b>	53	Sim	Sim	3	5	<b>Sim</b>	Sim	<b>Não</b>
<b>18</b>	60	Sim	Sim	2	3	Não	Sim	Sim
<b>19</b>	75	Sim	Sim	2	3	Não	Sim	Sim
<b>21</b>	64	Sim	Sim	3	3	<b>Sim</b>	<b>0</b>	0
<b>6</b>	102	Sim	Sim	3	7	<b>Sim</b>	Sim	<b>0</b>
<b>7</b>	102	Sim	Sim	2	3	<b>Sim</b>	Sim	<b>Não</b>
<b>8</b>	70	Sim	Sim	3	7	<b>Sim</b>	Sim	<b>Não</b>
<b>9</b>	102	Sim	Sim	4	7	Não	Sim	Sim
<b>22</b>	82	Sim	Sim	3	5	Não	Sim	0
<b>MÉDIA</b>	73	-	-	3	5	-	-	-

## Anexo 4 - Tratamento estatístico dos dados

### a) Medição das concentrações de poluentes

#### Medição de poluentes nos laboratórios em utilização - TWA

	N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio
MP10 (mg.m <sup>-3</sup> )	14	6,87	12,10	9,5343	1,75213
CO2 (ppm)	14	10,50	62,00	24,7143	16,87478
CO (ppm)	14	,00	,00	,0000	,00000
COVS (ppm)	14	,00	,21	,0750	,08007
N válido (de lista)	14				

#### Medição de poluentes nos laboratórios em repouso - TWA

	N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio
PM10 (mg.m <sup>-3</sup> )	14	,96	11,20	5,8957	3,24478
CO2 (ppm)	14	8,00	20,00	12,0357	3,95875
CO (ppm)	14	,00	,00	,0000	,00000
COVT (ppm)	14	,00	,11	,0179	,02992
N válido (de lista)	14				

#### Laboratórios de microbiologia em utilização

	N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio
PM10 (mg.m <sup>-3</sup> )	3	8,61	10,25	9,5567	,84884
CO2 (ppm)	3	45,50	62,00	53,3333	8,28151
CO (ppm)	3	,00	,00	,0000	,00000
COVT (ppm)	3	,00	,21	,1333	,11590
N válido (de lista)	3				

#### Laboratórios de microbiologia em repouso

	N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio
PM10 (mg.m <sup>-3</sup> )	3	4,48	9,46	6,7933	2,50873
CO2 (ppm)	3	8,00	20,00	12,1667	6,78847
CO (ppm)	3	,00	,00	,0000	,00000
COVT (ppm)	3	,00	,01	,0033	,00577
N válido (de lista)	3				

### Laboratório físico-químicas em utilização

		N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio
PM10	(mg.m <sup>-3</sup> )	11	6,87	12,11	9,5236	1,95524
CO2	(ppm)	11	10,50	34,00	16,9091	6,61369
CO	(ppm)	11	,00	,00	,0000	,00000
COVT	(ppm)	11	,00	,20	,0591	,06595
N válido (de lista)		11				

### Laboratórios físico-químicas em repouso

		N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio
PM10	(mg.m <sup>-3</sup> )	11	,96	11,20	5,6509	3,48149
CO2	(ppm)	11	8,50	18,50	12,0000	3,33916
CO	(ppm)	11	,00	,00	,0000	,00000
COVT	(ppm)	11	,00	,11	,0218	,03281
N válido (de lista)		11				

## b) Medição de parâmetros complementares – Ambiente térmico

### Ambiente térmico nos laboratórios em utilização

		N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio
Temperatura	(°C)	14	21,80	29,50	25,2286	2,74322
HR	(%)	14	40,80	49,30	45,8286	3,00370
PQ	(°C)	14	8,10	15,90	12,2071	2,57845
N válido (de lista)		14				

### Ambiente térmico nos laboratórios em repouso

		N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio
Temperatura	(°C)	14	21,30	28,70	25,9286	2,47897
HR	(%)	14	39,60	50,80	45,3071	3,16798
PQ	(°C)	14	8,20	14,50	12,4571	1,91139
N válido (de lista)		14				

### Laboratórios de microbiologia em utilização

		N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio
Temp	(°C)	3	27,90	29,50	28,6667	,80208
HR	(%)	3	44,40	48,60	47,0667	2,31805
PQ	(°C)	3	15,40	15,90	15,7000	,26458
N válido (de lista)		3				

### Laboratórios microbiologia em repouso

		N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio
Temperatura	(°C)	3	25,90	28,10	27,1667	1,13725
HR	(%)	3	45,60	49,00	47,2333	1,70392
PQ	(°C)	3	14,30	14,50	14,3667	,11547
N válido (de lista)		3				

### Laboratórios físico-químicas em utilização

		N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio
Temperatura	(°C)	11	21,80	28,50	24,2909	2,26736
HR	(%)	11	40,80	49,30	45,4909	3,17315
PQ	(°C)	11	8,10	15,10	11,2545	1,99267
N válido (de lista)		11				

### Laboratórios físico-químicas em repouso

		N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio
Temperatura	(°C)	11	21,30	28,70	25,5909	2,67300
HR	(%)	11	39,60	50,80	44,7818	3,32410
PQ	(°C)	11	8,20	14,30	11,9364	1,83154
N válido (de lista)		11				